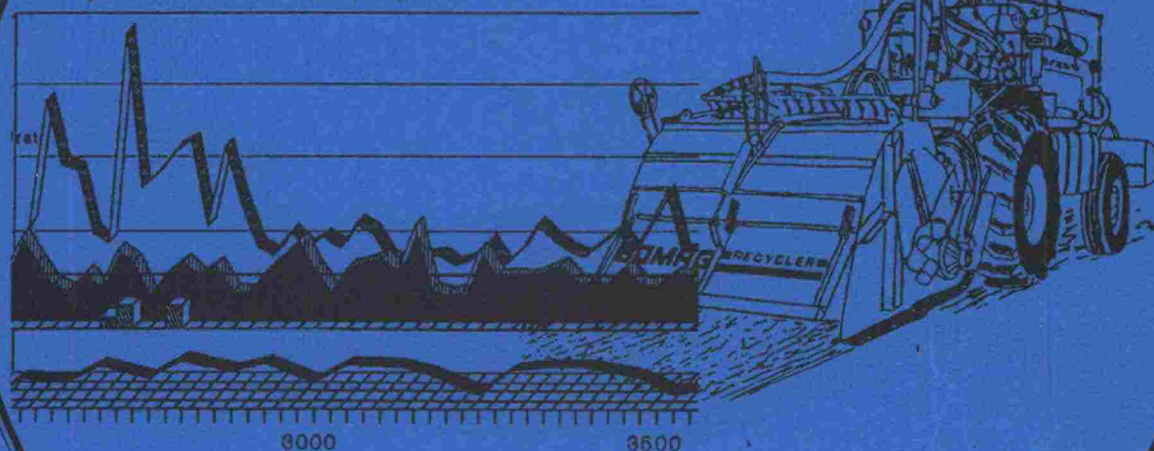


Bitumistabilointi

RAPORTTI

Koetiet 1985 - 1988

Mittayksiköt (MN/m², VI, IRI, mm)



PANK ry:n Stabiloititoimikunta
Huhtikuu 1989

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. Yleistä	1
2. Bitumistabilointimenetelmät	2
2.1 Sideaineet bitumistabiloinnissa	
2.2 Kiviaines bitumistabiloinnissa	
2.3 Bitumin vaahdotus	4
2.4 Bitumiemulsiostabilointi	6
3. Koetiet	
3.1 Yleistä	7
3.2 Stor Mälön koetien rakentaminen 1985	11
3.3 Vahto-Poikojä koetien rakentaminen	12
3.4 Partala-Ravattila koetien rakentaminen 1986	13
- Bomag MBH 100	
- Tiehöylän lisälaite/Neste Oy	14
- Asemasekoitus	
3.5 Jälkiseuranta, mittaukset ja tulokset	15
3.5.1 Yleistä	
3.5.2 Levityksen ja tiivistyksen laatuarvostelu	
3.5.2.1 Bitumin sekoittuminen kiviainekseen	
3.5.2.2 Bitumipitoisuuden merkitys	
3.5.3 Massakokeet	17
3.5.4 Urat, vauriot ja tasaisuus	18
3.5.5 Kantavuus	19
4. Johtopäätelmät	21
4.1 Ehdotuksia jatkotutkimuksille	22
 Kirjallisuusluettelo	 24
 Liiteluettelo	

1. YLEISTÄ

Tiestömme on mitoitettu yleensä 20 vuoden liikennettä varten. Suuri osa tiestöstämme on jo nyt täyttänyt 20 vuotta, joten ylikäisiä teitä on käytössä runsaasti. Nämä 60-luvulla tehdyt tiet on yleensä rakennettu sitomattomista materiaaleista ja päällystetty asfaltilla. Niiden kantavuus on käytetty jo loppuun. Tiestön kestoajan lisääminen edellyttää tien rungon vahvistamista. 1950- ja 1960-luvuilla rakennetut tiet ovat nyt perusparannuksen tarpeessa.

Perusparannus voi tapahtua eri menetelmillä. Vanhan tien stabilointi on menetelmä, joka soveltuu silloin kun tiellä on riittävä leveys eikä kaarteisuuden ja mäkisyyden vuoksi tarvita oikaisuja. Stabilointimenetelmiä on useita. Stabilointi voidaan tehdä joko bitumilla tai sementillä. Menetelmänä voi olla joko paikalla- tai asemasekoitus.

PANK RY on katsonut tarpeelliseksi tutkia uusia stabilointimenetelmiä tiestön parantamiseksi. Tästä syystä perustettiin 1985 Vaahtobitumitoimikunta, jonka toiminta on jatkunut kevästä 1986 lähtien nimellä Stabilointitoimikunta. Toimikunta on suunnitellut ja teettänyt kohteita erilaisilla bitumistabilointimenetelmillä sekä paikalla- että asemasekoituksina.

Sekoituskoneina on ollut ulkomaalaisia ja kotimaisia koneita mm. Midland Mix Paver, Bomag MBH 100 ja Neste-sekoitin. Sideaineina on ollut vaahdotetut tiebitumit ja bitumiemulsio. Toiminta on ollut paljon menetelmä- ja materiaalitutkimusta, koska vastaavia laitteita ja työtapoja ei olla ennen käytetty Suomessa. Toinen puoli koerakentamisesta on ollut toimikunnan tekemä kohteiden jäliseuranta, johon tämäkin raportti kuuluu.

2. BITUMISTABILOINTIMENETELMÄT

Tässä kirjoituksessa bitumistabiloinniksi kutsutaan prosessia, jossa bituminen sideaine sekoitetaan kylmään kiviainekseen. Vaahtobitumiasfaltilla (VBST) tarkoitetaan tässä kirjoituksessa massaa, jossa kylmään kiviainekseen on lisätty vaahtotettua bitumia. Vaahtobitumistabiloinnilla tarkoitetaan menetelmää, millä tien kantavuutta parannetaan sekoittamalla vaahtotettu bitumi kiviainekseen. Bitumiemulsio-stabilointi (BEST) on vastaava menetelmä, mutta sideaineena käytetään bitumiemulsiota.

2.1 Sideaineet bitumistabiloinnissa

Stabiloinnissa käytettäviä bitumisia sideaineita ovat bitumiemeulsio ja normaali tiebitumi, joka vaahtotetaan sekoitusta varten. Emulsiota on helppo sekoittaa kylmään kiviainekseen. Huonona puolena on bitumiemulsion murtumishetken vaikea arvioiminen, joten emulsiolla stabiloitu massa on levitettävä ja tiivistettävä viivytyksittä ennen emulsion murtumista. Bitumin vaahtottaminen vaatii kuumaa bitumia ja vaahtotustekniikan hallintaa, mutta valmiiksi sekoitettuna massa on erittäin helppo levittää ja tiivistää. Jopa vaahtobitumimassan varastointi tulee kysymykseen.

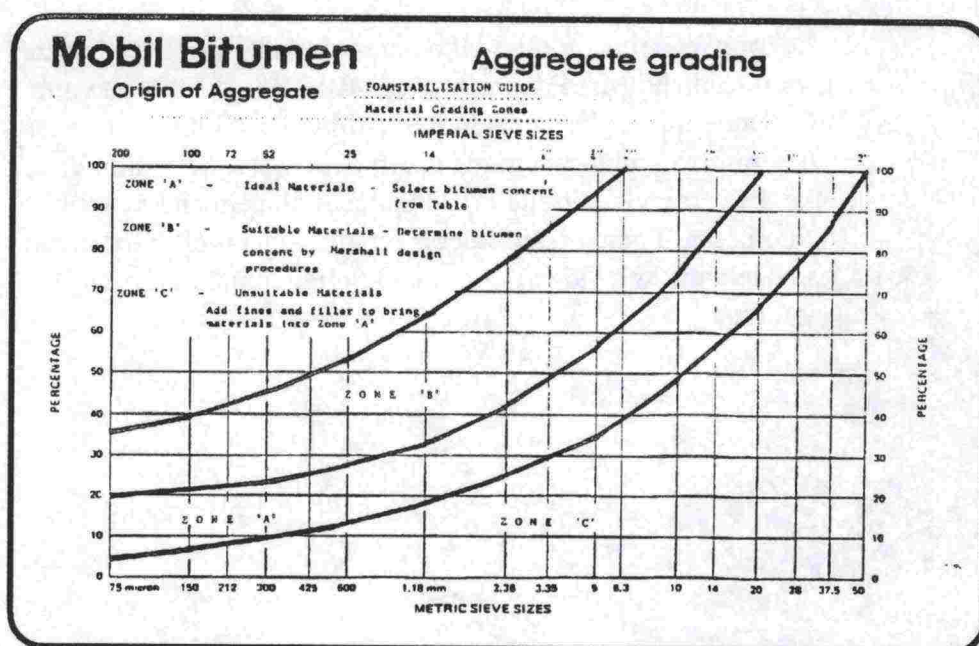
Stabilointiin riittävä sideainemäärän lisäys on 2-4 % bitumia, yleisimmin noin 3 %. Liitteen kohdassa A on bitumin tutkimustulokset Vahto - Poikoja koetietä.

Eri sideaineilla tehtyjen massojen ominaisuudet poikkeavat toisistaan eniten heti tiivistämisen jälkeen. Bitumiemulsion murtuessa vesimolekyylit irtoavat bitumista ja ylimääräisen veden poistuminen stabiloidusta kerroksesta on havaittavissa. Emulsiomassa saavuttaakin lujutensa nopeasti, muutamassa vuorokaudessa, veden poistuttua kerroksesta. Vaahtobitumimassan tiivistämisen helpottamiseksi kiviaines kastellaan optimikosteuteensa.

Massa saavuttaa lujutensa veden poistuessa stabiloidusta kerroksesta, mutta tämä vaihe on pitkä, sääolosuhteiden mukaan yhdestä viikosta muutamaan kuukauteen.

2.2 Kiviaines bitumistabiloinnissa

Mobil Oil suosittaa kuvan 1 mukaisia ohjealuetta vaahtobitumilla stabiloitavalle kiviainekselle. Alue A on ihanne, alue B menettelee ja alue C:n materiaaleihin tulee lisätä hienoaainesta.



Kuva 1. Suositus bitumistabiloinnissa käytettävälle kiviainekselle

Periaatteessa stabiloitavaksi materiaalik-
si kelpaa vanha tiemateriaali (sorakulutusker-
ros, öljysora) tai yleensä kantavaksi kerrok-
seksi kelpaamaton materiaali. Kiviaineksen
joukossa tulee olla paljon hienoaainesta (vä-
hintään 5 - 10 % < 0.074 mm rakeita), koska
bitumipartikkelit tarttuvat nimen omaan hieno-
ainekseen. Isokokoiset rakeet jäävät paljaksi
ja vasta tiivistysvaiheessa bitumiset hienoai-
nespaakut ympäröivät ja sitovat suuret rakeet/
lohkareet (suuri sisäinen kitka). Bitumiemulsio
peittää kiviaineksen paremmin kuin vaahdotet-

tu bitumi, mutta myös emulsiomassan tiivey-
delle ja kulutuskestävyydelle on suurehko
hienoaainemäärä edullista. Sekoituslaitteiden
toimintaa häiritsevät isot kivet (> 30 mm) ja
esim. öljysoralohkareet.

Taulukossa 1 on vaahtobitumiasfaltin
tutkimuksissa käytettyjen kiviainesten rakei-
suuksia (* on viite J. Äijön diplomityön kirjal-
lisuusluetteloon). Liitteen kohdassa B on
koeteillä käytettyjen kiviainesten rakeisuus-
käyrät.

Taulukko 1. Vaahtobitumiasfaltin tutkimuksissa käytettyjä kiviaineksia.

Lühde ja materiaali	Numero	25,0	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025
Pohkaloukkaan koetie	36	100	95	83	80	62	50	38	28	20	12	9
Partek Ms 0-25	37	99,5	90	76	65	38	25	18	14	10	6	5
Oripää JS Ms 0-25	38	98	90	64	58	45	38	28	18	10	5	3,5
/26/ *												
"Sydney Breccia"	1	100		72	58	42		15			6	3
/1/ *												
"E"	2	100	90	77	51	42	31			12	11	10
"Good F"	3	100	97	95	75	62	45			20	14	13
"Poor F"	4		100	98	93	77	52			10	9	8
"A-2-4"	5			100	99	95	90			64	48	38
/17/ *												
B-1 "Luessa"	6										100	99
B-2 "Pit-run sand"	7	100		97	94	89	87	66	53	21	6	5
B-3 "Blow sand"	8							100	99	74	24	12
B-4 "Pit-run gravel"	9	100		92	81	69	60	48	38	21	14	12
B-5 "Limestone waste"	10			100	99	92	64	51	40	33	29	
B-6 "Blow sand"	11						100	98	94	58	5	1
C-1 "Crushed stone"	12	100		97	95	88	83	78	72	65	51	44
C-2 "Crushed stone"	13	100		87	78	62	53	44	36	32	28	23
B-11, 80% B-3, 20% B-1	14							100	99	79	40	30
/29/ *												
/14/	15	100	99,5	99	91	78	64	40	22	14	10	
"Pit-run gravel"	16	100	90	84	76	65	50	35	20	8	5	3
"Crushed Stone" S-D	17	100	97	79	66	44	34	25	17	14	11	9
"Outwash Sand"	18		100	99	99	97	94	90	78	38	9	2,5
/2/ *												
Sand 5	19							100	96	62	31	13
Sand 16	20						100	99	98	79	23	10
Sand 17	21			100	97	83	49	27	16	10	6	
Sand 18	22			100	99	93	73	56	36	21	10	
/3/ *												
"27 B-grade"	23	100		70	46	36		13			7	4
"29 quartzit"	24	100		74	50	37		16			7	4
"31 crushed breccia"	25	100		78	54	38		20			13	8
"30 A"	26					100		71				31
"30 B"	27					100		81				39
"60"	28					100		67				28
/24/ *												
"GW A-1-a"	29	100	92	74	52	36	25	16	10	6	2	
"SW/GW A-1-a"	30	100	81	70	52	40	31	22	12	6	3	
"SW A-1-b"	31	100	97	92	71	58	47	36	25	8	2	
/6/ *												
	32			100	99	93	50	35	17	10	5	
	33	100		79	54	47	32	24	12	6	3	
	34				100	99	99	95	75	13	3	
/22/ *												
"River sand"	35			100	99	93	62	28	17	10	5	

Stabilointi sopii parhaiten maalajeille, joiden koheesiota ja vedenkestävyyttä tulee parantaa. Molemmissa tapauksissa stabilointi parantaa materiaalikerroksen jäykkyyttä, jolloin myös kuormitus jakautuu isommalle alueelle.

Sopivat materiaalit kattavat alueen savista, jolla on alhainen plastisuus, hiekkoihin ja luonnonsoraan. Myös murskatut tuotteet tulevat kysymykseen, jos niiden joukossa on riittävästi hienoainesta bitumin tasaista leviämistä varten.

2.3 Bitumin vaahdotus

Bitumien vaahdotumista kuvattaessa käytetään apuna:

- tilavuuden laajenemiskerrointa, joka on vaahdon tilavuuden suhde alkuperäiseen bitumimäärään
- vaahdon puoliutumisaikaa eli aikaa, mikä kuluu, kun vaahdon tilavuus laskee maksimitaan puoleen.

Yleensä vaahdotuslämpötilaa tai vesimäärää nostamalla lisätään vaahdotumista, mutta lyhennetään puoliutumisaikaa.

Patentti suosittelee 8 - 15 kertaista vaahdotusta ja 25 s puoliutumisaikaa. Optimisuhteeseen vaikuttavat sekä käytettävät vaahdotuslaitteet että bitumin lämpötila vaahdotushetkellä.

Vaahtoaminen tapahtuu huonosti, jos bitumi on alle 150 °C. Myös bitumin sisältämä sili-koni huonontaa vaahdotumista.

Vaahdotusaineen on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- kiehumispisteen on oltava olennaisesti alempi kuin perusaineen työlämpötila
- molekyylipainon on oltava alhainen, jotta kehittyisi paljon höyryä,
- liukenemista perusaineeseen ei saa tapahtua.

Tällaisia aineita bitumin suhteen ovat vesi, metanoli, etanoli, iso- ja n-propanoli.

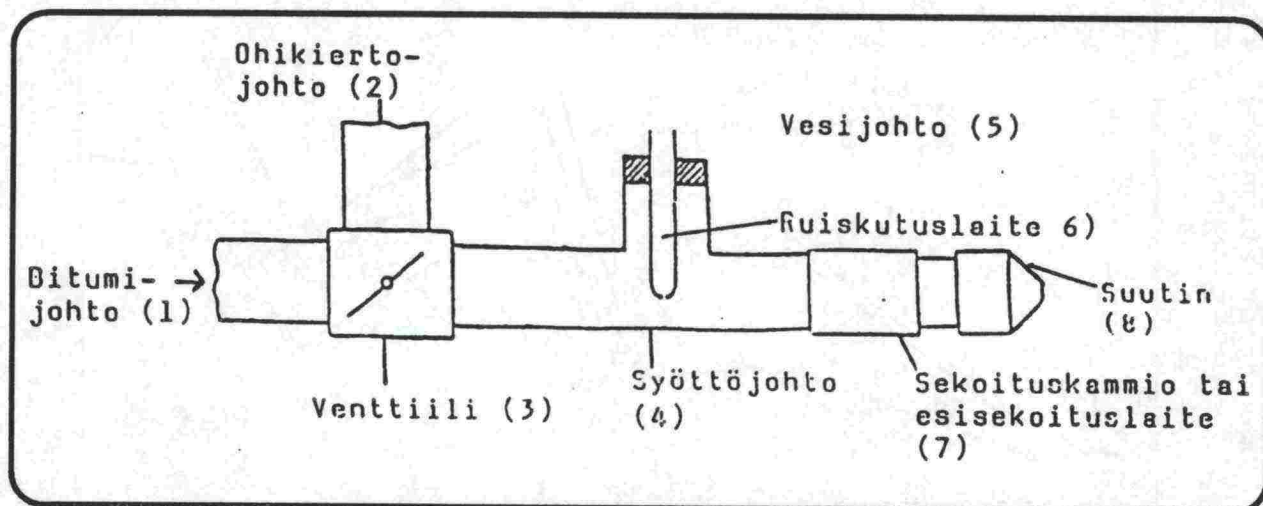
Useimmissa olosuhteissa vesi on paras vaahdotusneste, koska se on halpaa, ympäristöystävällistä, turvallista ja sen fysikaaliset ominaisuudet ovat sopivia.

Mobili Oil'n patentoiman (FI patentti nro 57807 10.10.1980) menetelmän mukaan nestemäistä vettä sekoitetaan kuumaan bitumiin ylipaineessa ja sen annetaan purkautua alempaan paineeseen (tavallisesti ilmakehän paineeseen). Bitumin ja veden lämpö määrä on sen purkautuessa niin suuri, että se saa veden nopeasti höyrystymään, jolloin bitumi vaahdotuu.

Bitumissa olevien vesipisaroiden koko vaikuttaa höyrystymisnopeuteen eli siihen nopeuteen, millä vaahtoa syntyy bitumin ja veden tullessa ulos sekoituskammiosta.

Vaahdotuslaitteen tarkoituksena on hajoittaa vesi pieniksi pisaroiksi ja samalla sekoittaa ne homogeenisesti bitumiin. Vesipisarot eivät saa höyrystyä sekoituksen aikana. Kuvassa 2 on esimerkki tällaisesta laitteesta.

Siinä bitumijohto 1 ja ohikierrätysjohto 2 on yhdistetty venttiilillä 3 syöttöjohtoon 4. Vesijohto 5 liittyy bitumivirtaan ruiskutuslaitteen 6 kautta. Sekoituskammio tai esisekoituslaite 7 tulee sijoittaa suuttimen 8 lähelle.



Kuva 2. Mobil Oil'n menetelmän mukainen vaahdotuslaite.

Vaahdotusbitumiasfaltin tutkimus on lähinnä keskittynyt optimibitumipitoisuuden määrittämiseen eri maalajeille ja paikallisten, huonolaatuisten kiviainesten käyttömahdollisuuksien selvittämiseen.

Vaahdotusbitumimassoille sopivia tutkimusmenetelmiä ovat määritelleet Asphalt Institute, Australian Mobil Oil ja Conoco. Pohjana on käytetty California Division of Highway's ja American Society for Testing and Materials (ASTM) testimenetelmiä.

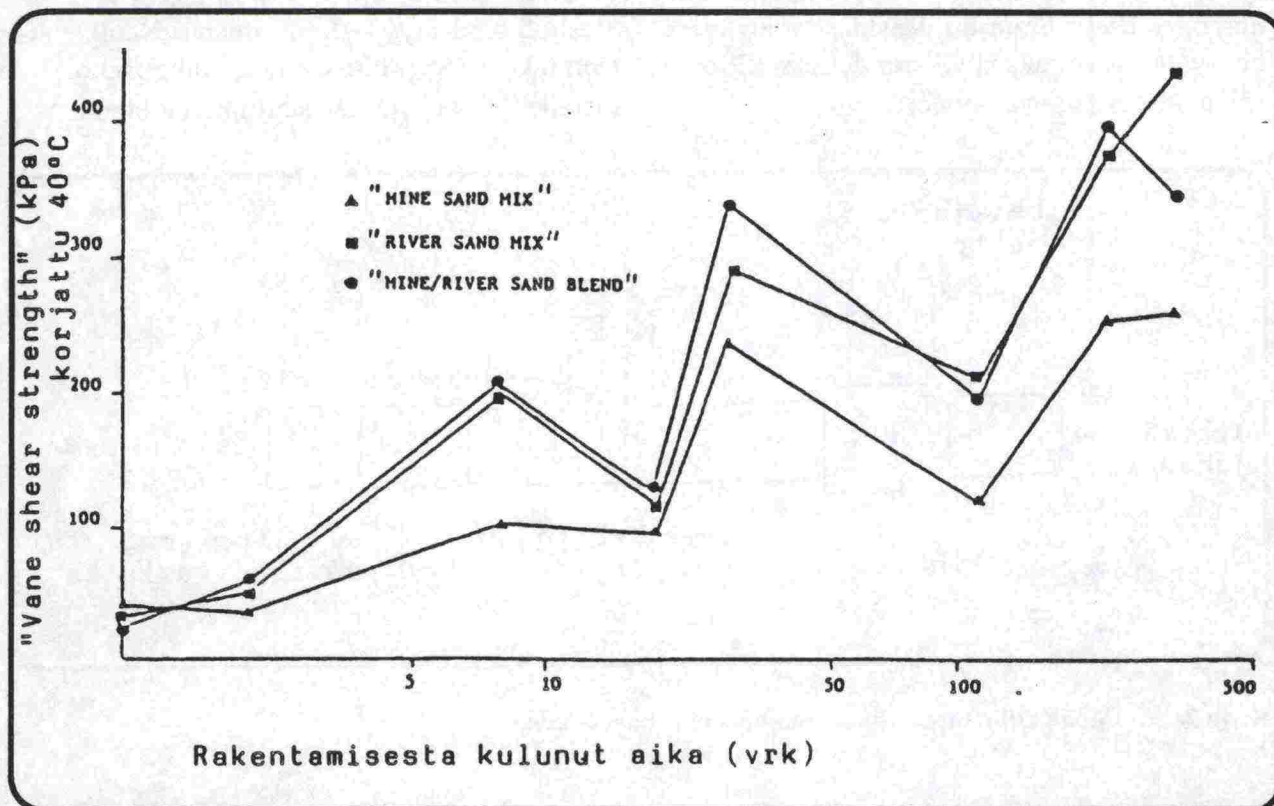
Esimerkkejä suositeltavista ja käytetyistä testimenetelmistä:

- Marshall-lujuus ja kokoonpuristuma, ASTM D 1559
- Hveem-lujuus ja kokoonpuristuma, ASTM D 1560
- Jäädytys-sulatus-testi, ASTM D 244
- Koheesiotesti, ASTM D 1075
- Kimmokertoimen määrittäminen
- Kosteuden kesto "immersion-compression test".

Nämä koemenetelmät antavat kuitenkin huonosti ominaisuuksia kuvaavia tuloksia, kun tutkitaan "huonoja" maalajeja pienillä bitumipitoisuuksilla.

Stabiloidun massan lujuus kasvaa kosteuden vähentyessä ja ko. kivilajille saavutetaan kriittinen vesipitoisuus, minkä jälkeen lujuus ei enää kasva.

Etelä-Afrikassa seurattiin vaahdotusbitumiasfaltilla stabiloidun tien lujuuden kehittymistä 500 vrk:n aikana. Laboratoriokokeilla arvioitu mitoituskantavuus saavutettiin 6 - 10 kk rakentamisen jälkeen. Kuvassa 3 on koetien kantavuuden paraneminen ajan kuluessa /2/.



Kuva 3. Koetien kantavuuden paraneminen ajan funktiona /2/.

2.4 Bitumiemulsiostabilointi

Bitumiemulsiomassa soveltuu pääasiassa alempiluokkaisen tiestön kantavuuden parantamiin ja pinnan muodon korjaamiseen.

Tämän massatyyppin hyviä ominaisuuksia ovat:

- sekoitus- ja levityslaitteisto on suhteellisen kevyttä
- kerroksena emulsiomassa on joustava ja se voidaan tehdä vaihtelevan paksuisena.

Stabiloitavan materiaalin suhteutukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tarkoitukseen sopivia laboratoriomenetelmiä on esitetty Asphalt Institutin käsikirjassa No. 14 (MS-14) /3/.

Stabiloinnissa käytetään sekä avoimia että tiiviitä emulsiomassoja. Avoimet massat valmistetaan keskinopeasti murtuvista emulsioista, ja tiiviit massat tehdään hyvinkin hitaasti murtuvista emulsioista. Niissä murtuminen ta-

pahtuu vasta jyrästyön vaikutuksesta.

Emulsiomassoja voidaan valmistaa sekä asema- että paikallasekoituksina. Paikallasekoitettaessa emulsion murtuvuudella ei ole niin ratkaisevaa merkitystä kuin asemasekoituksessa. Asemasekoituksessa sekoitusaika tulee helposti liian pitkäksi, ja siitä seuraa emulsiomassan levitettävyyssominaisuuksien huononeminen.

Ranskassa on käytetty paljon bitumiemulsiomassaa kantavuuden tai profiloinnin korjaamisessa /4/. Suosituin menetelmä oli 1985 käyttää korjaukseen avointa, myöhemmin pintauksella tiivistettyä emulsiomassaa.

3. KOETIET

3.1 Yleistä

Koekohteina on ollut normaaleja öljysorateita, jotka on otettu TVL:n toimenpideohjelmaan huonokuntoisuutensa vuoksi. Toimikunta on puolestaan saanut suunnitella ja toteuttaa koeohjelman, jotta saisimme tietoa näiden bitumistabilointimenetelmien soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin.

Tiet ovat olleet pahoin vaurioituneita, niillä on ollut suuriakin kantavuuspuutteita, osittain ns. rakentamattomia teitä ja yleensä ne ovat aiheuttaneet ylimääräistä työtä paikallisille tiemestareille.

Stabiloinnin ensikokeiluihin on liittynyt paljon epätietoisuutta eri menetelmien toimivuudesta. Reseptien kokeilu on myös ollut eräs tärkeä kokeilukohde. Erilaisen tiedon tarve on suuri ja

kaikkiin kysymyksiin ei voidakkaan antaa vastauksia näiden koeteiden avulla, mutta tietämys eri menetelmistä ja yleensä bitumistabiloinnista on nykyään huomattavasti parempaa päällystealalla kuin mitä se oli vielä vuonna 1985.

Koeohjelma vaahtobitumistabiloinnin ominaisuuksien selvittämiseksi tehtiin kesällä 1985 PANK ry:n silloisen vaahtobitumitoimikunnan asiantuntemuksella. Sen toteuttamiseen osallistui vuonna 1985 Tie- ja vesirakennushallitus (TVH), Neste Oy, Lemminkäinen Oy, Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Teknillinen korkeakoulu (TKK) ja Tie- ja vesirakennuslaitoksen Turun piiri (TVL-Turku). Vuonna 1986 toimikunta seurasi koerakentamista TVL:n Kymmin piirissä.

Koekohteita on ollut kolmessa paikassa:

- Vaahtobitumistabilointia:

26.6. - 15.7.1985

Stor Mälön pt 12025, KVL 880
Midland Mix Paver paikallasekoituslaite

Kuva 4

- Vaahtobitumi- ja bitumiemulsiostabilointia:

15.7. - 29.7.1985

Vahto-Poikojä mt 201, KVL 320
Midland Mix Paver paikallasekoituslaite

Kuva 4

8.8. - 28.8.1986

Partala-Ravattila, mt 3931 KVL 380
Bomag ja Nesteen paikallasekoituslaite.

Kuva 5

Kokeiden työnaikainen seuranta on selostettu tarkasti seuraavissa raporteissa:

- J. Äijön diplomityö /1/

- TVH koetieraportti: Vaahtobitumikoetiet 1985 /5/

-TVH koetieraportti: Bitumistabilointikokeilu 1986 /6/.

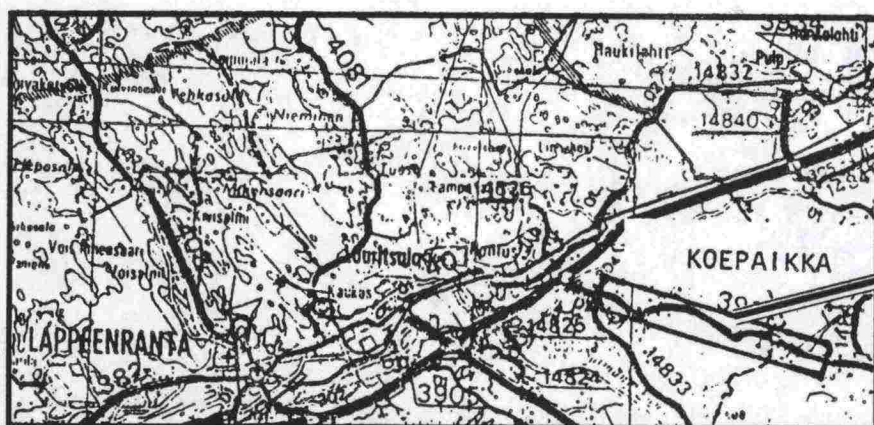
Taulukossa 2 on koeteiden eri koeosuudet, käytetyn sideaineen tyyppi ja määrät, käytetty kiviaines (rakeisuuskäyrät liitteessä 1.), sekoitusmenetelmä ja -määrät.



Mt 201, Vahto

Pt 1205, StorMälö

Kuva 4.
Vuoden 1985 koetiet
Turussa.



Mt 3931, Partala

Kuva 5.
Vuoden 1986 koetiet Ky-
missä.

Taulukko 2.

Koeteiden eri koeosuudet

Koeteiden eri koeosuudet:					
BS	tarkoittaa bitumisoraa				
VBST	tarkoittaa vaahtobitumiasfalttia				
BEST	tarkoittaa emulsioasfalttia				
VBST/RC 100	vaahtobitumiasfalttia, jossa käytettiin 100 % jyrsinrouhetta.				
Koetie ja -osuus	Päällystetyyppi	Sideaine ja sideainemäärä	Kiviaines	Menetelmä tai laite	Paalulukema
Stor Mälö					
1.	BS 25/150	B-80 3,8 %	KaM 0-25 Partek	Midland Mix Paver	0 - 500
2.	VBST 25/250	B-300 4,4 %	"	"	500 - 1000
3.	VBST 25/250	B-300 3,2 %	"	"	1000 - 1500
4.	VBST 25/250/RC 100	B-80 2,8 + 1,2% *	Jyrsinrouhe	"	1500 - 2000
5.	VBST 25/250/RC 100	B-300 3,1 + 1,2% *	"	"	2000 - 2500
6.	VBST 25/250	B-80 4,05 %	KaM 0-25 Partek	"	2515 - 4130
Vahto-Poikoja					
7.	VBST 25/250	B-80 3,1 %	SrM 0-25 Mellilä	Midland Mix Paver	0 - 1200
8.	VBST 25/250	B-80 3,6 %	"	"	1470 - 1900
9.	BEST 25/250	BIE K-1(B-200)** 5,5 % (3,8 %)	"	"	2975 - 3600
10.	BEST 25/250	BIE K-1/sekoitus ** 5,5 % (3,8 %)	"	"	3600 - 4235
11.	BEST 25/250	BIE K-1/sekoitus ** 4,3 % (3,1 %)	"	"	4370 - 4530
12.	BEST 25/250	BIE K-1/200 4,3 %	"	"	4530 - 5000
13.	BS 25/150	B-80 3,8 %	"	"	5600 - 6160
14.	Sitomaton 15 cm -		"	"	6610 - 7200
Partala-Ravattila					
15.	BEST 32/100	BIE K-0 ** 2,9 % (2,1 %)	Mr 0-32	Nestejyrsin	1050 - 1600
16.	BEST 32/100	BIE K-0 ** 6,0 % (4,3 %)	"	"	1650 - 2150
17.	VBST 32/100	B-120 2,0 %	"	Bomag-jyrsin	480 - 1050
18.	VBST 32/500	B-120 2,3 %	"	"	050 - 480
19.	VBST 32/150	B-800	"	"	5415 - 6500
20.	VBST 32/150	B-300 3,0 %	"	Asema-sekoitus	2960 - 4740
*	Sideainepitoisuus: lisätty sideainemäärä + RC-massan bitumipitoisuus				
**	Bitumiemulsion todellinen bitumipitoisuus suluissa				

Edellisten koetiekohteiden lisäksi stabilointia on tehty seuraavissa kohteissa, joita ei olla seurattu järjestelmällisesti.

1986 vaahtobitumistabilointia Bomag jyrsimellä

TVL-Oulu Taivalkoski, Vt 20 Siikakangas-Kuolio

TVL-Kainuu Hövelö, pt 19054
Karankalahti - Alakylä, mt 871

1987 bitumiemulsiostabilointia Neste jyrsimellä

TVL-Keski-Suomi Uurainen - Multia, mt 627
Tammihara - Tammijärvi, mt 610

Tammijärvi - Luhanka, mt 612
Lääninraja- Leivonmäki, kt 69

TVL-Vaasa Sandvik - Ylihärmä, mt 725

Vuonna 1987 tehtiin myös sementtistabilointia.

Vuonna 1988 rakennettiin Mjösundin paikallistielle (TVL-Turku) seuraavia koeosuuksia:

Pt 12065 Grasbøle-Eknäs

4230 - 4310	80 m	10 cm	BEST	Bitumi stabilointi (emulsio)
4500 - 5010	510 m	15 cm	"	"
5140 - 5230	90 m	10 cm	"	"
5760 - 6100	340 m	15 cm	"	"
6300 - 6450	150 m	10 cm	"	"
6830 - 6900	80 m	10 cm	"	"
yht. 1250 m		lev. 6 m	7500 m ²	

Pt 12063

Helgeboda-Degerdal

150 - 500	350 m	15 cm	SST	Sementtistabilointi Lemmin-
1050 - 1680	630 m	20 cm	VBST	käinen Oy
1870 - 2020	150 m	20 cm	"	Bit. ja sem. stabilointi
2470 - 2740	270 m	15 cm	"	Vaahobitumistab.
yht. 1400 m		lev. 6 m	8400 m ²	

Pt 12061

Mjösund

5520-5720	200 m	15 cm	VBST	Vaahobitumistabilointi
6370 - 6480	110 m	15 cm	"	"
6730 - 7430	700 m	15 cm	SST	Sementtistabilointi
7600 - 8440	840 m	15 cm	VBST	Vaahobit. stabilointi
yht. 1850 m		lev. 6 m	11 100 m ²	

YHT.PIT. 4500 m 27 000 m²

Seuraavassa esitetään koerakennuskohteet aikajärjestyksessä. Mitattavia suureita, joiden avulla on tarkasteltu massan ja tien laatua ovat:

- Massan homogeenisuuden ja laadun määrittäminen
- Kantavuus
- Vaurioituminen
- Tasaisuus

3.2 Stormälön koetien rakentaminen 1985

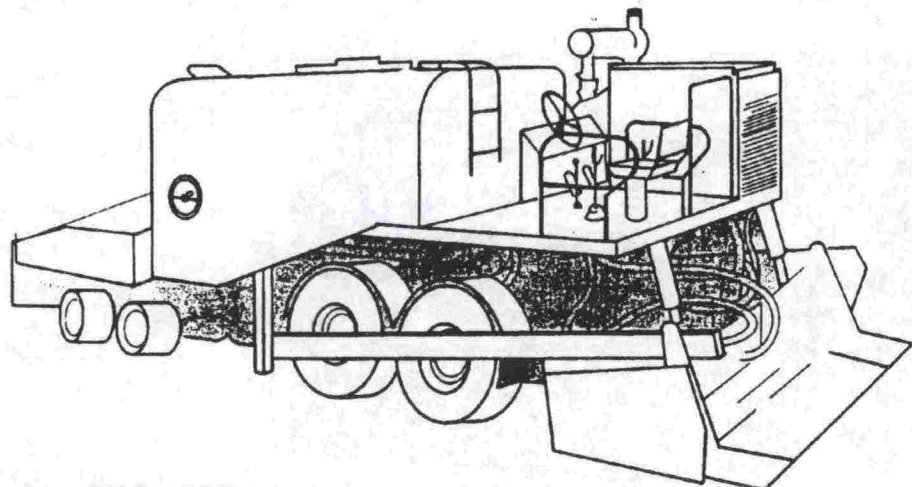
Kohteen vauriot kartoitettiin ja kantavuudet mitattiin (50 m välein) ennen stabilointia. Koeosuudet rakennettiin lisäämällä vanhan öljysoran päälle 10 cm bitumistabiloitua massaa. Kiviaines tuotiin Midland Mix Paver sekoittajaan, jota säädettiin eri osuuksien bitumipitoisuuksien ja -laatuun mukaan. Alkuperäinen koesuunnitelma piti muuttaa koeosuuksilla 5 ja 6, koska Paraisten KaM:n emäksisyys aiheutti emulsion välittömän murtumisen. Tästä syystä kohteessa ei voitu käyttää bitumiemulsiota ollenkaan.

Koeosuudet 4. ja 5., RC-osuudet, jyrrettiin Wirtgen 110 -jyrsimellä. Osuuksilla oli vanha öljysora-kerros, jonka paksuus oli noin 5 cm. Jyrsintäsyvyys oli 12 cm, joten pohjamaata jyrrettiin noin 7 cm. Jyrsimen ja MixPaverin erilaisten työleveyksien vuoksi rouhe välivarastoitui. Optimikosteuteen kasteltu rouhe ajettiin MixPaveriin. Bitumia lisättiin 2.8 % ja massa levitettiin takaisin tielle. Valmis kerros oli pinnaltaan tiivistä ja muistutti vanhaa asfalttipäällystettä.

Koeosuus 1, BS-25/100, oli vertailuosuus. Kaikkien tieosuuksien kulutuskerrokseksi tehtiin sirotepinta.

Koekohteen materiaaleille tehtiin laboratorio-kokeita, jotka on esitetty J. Äijön diplomityössä /1/.

Midland Mixpaverissa (kuva 6) on jatkuva-toiminen kaksiakselinen pakkosekoittaja, erotuksena tavallisiin asfalttilevittimiin. Kiviaines kuormataan laitteen etuosaan, kuten normaaleissa asfalttilevittimissä, josta se syötetään hihnakuljettimella sekoittajaan. Hihnan nopeutta ja syöttöaukon suuruutta säätämällä ohjataan sekoitettavan kiviaineksen määrää. Tämän perusteella määrätään sideainesyötön nopeus. Sekoitin purkaa massan tielle, koneen takaosaan, jossa on normaali asfalttilevittimen perä. Mixpaver esitiivistää levitettävän massan, joten levitysjälki on erittäin hyvä.



Kuva 6

Midland Mixpaver

Mixpaverin bitumitankki on kooltaan 7 m³ ja bitumiautot saadaan yleensä tyhjennettyä kahdella tankkaukerralla. Tällöin bitumin lämpötila ei pääse laskemaan alle 160 °C, mikä on alaraja bitumin hyvälle vaahtoutumiselle.

Bitumia vaahdotettaessa Mixpaveriin tuotiin lähes optimikosteuteen kasteltu (4.6 %) kiviaines ja ihanteena olisi ollut, ettei sekoitinta olisi tarvinnut pysäyttää kuormien vaihdon välillä. Tähän ei kuitenkaan päästy. Mixpaverin minimityöleveys on 3 m. Jyrättäessä levitetty kerros (250 kg/m²) leveni 20 - 30 cm. Massaa valmistettiin 100 t/h teholla, kun bitumin tankkaus otetaan mukaan.

3.3 Vahto-Poikojä koetien rakentaminen 1985

Koetielletähtiin kaksi vaahtohitumistabilointiosuutta, koeosuudet 7 ja 8, ja neljä bitumiemulsiostabilointiosuutta, koeosuudet 9 - 12 (taulukko 2).

Koeosuuksien rakentaminen tapahtui nopeasti. Paikallasekoitin (MMP) toimi moitteettomasti ja parhaana työvuorona (10 h) levitettiin 1000t stabiloitua massaa. Rakentamisen aikana oli erittäin lämmin ja tuulinen sää. Tämä aiheutti VBST osuuskien pinnan nopean kuivumisen ja tällöin liikenne irrotti materiaalia pinnasta. Avoimella pellolla olevia mutkakohtia jouduttiinkin paikkaamaan ennen sirotepintausten tekoa.

Bitumiemulsion käsittely tien päällä oli huomattavasti helpompaa kuin kuumen tiebitumin.

Koneen paino (noin 20 tonnia) ja minimityöleveys (3 m) estävät sen käyttöä huonosti kantavissa ja ahtaissa kohteissa.

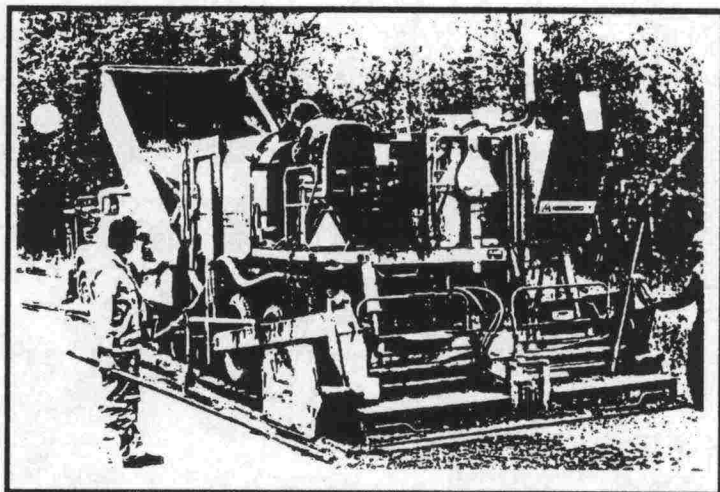
Mixpaveriä käytetään muissa maissa eniten emulsiomassan tekemiseen. Erityisesti emulsion käsittely tien päällä on huomattavasti helpompaa kuin kuumen tiebitumin.

Koeosuuskien rakentamista häiritsi useat kone-rikot. Levitetyn massan laatu ja työjälki olivat hyvät. Vaikka kantavuuden nousu jäikin odotettua pienemmäksi, on koeosuuskien kunto ollut erittäin hyvä. Seurantatulokset ovat kappaleessa 5, jälkiseuranta, mittaukset ja tulokset.

Emulsiomassaa tehtäessä kiviainesta ei tarvinnut kastella, koska emulsion sisältämä vesimäär yleensä riittää tiivistämiseen.

Mix Paver sekoitti hyvin kiviaineksen ja sideaineen. Massa oli kuitenkin vain kohtuullisen tasalaatuista, koska bitumisyötön katkaisemisen laitteen pysähtyessä aiheutti sideaine puutteen/ylisyötön. Tämän virheen suuruuteen on koneen miehistön ammattitaidolla ratkaiseva merkitys.

Koeosuudet 13 ja 14, BS ja SrM osuudet ovat kohteen vertailuluosuuksia. Myös näiden osuuskien kantavuusmittaustulokset ovat osoittaneet käytetyt mittausten menetelmät varsin epätarkoiksi kuvaamaan vanhojen öljysorateiden rakenteen kuntoa.



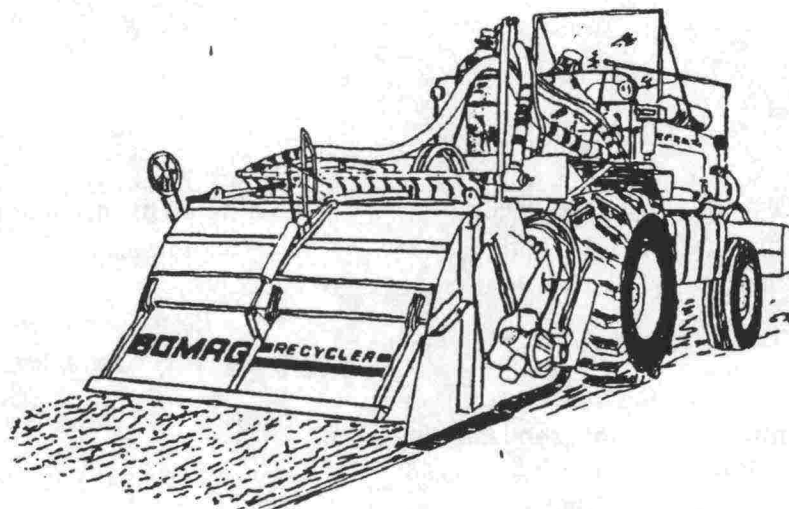
Kuva 7. Työntekoa Vahdossa

Tälle koetielle saatiin kokeiltavaksi uudentyyppiset paikallasekoituslaitteet, joissa suurikokoiseen jyrtimeen on yhdistetty sideaineen syöttölaitteet. Lemminkäinen Oy oli vuokrannut Bomag MBH-100 jyrtsimen Norjasta ja siinä oli norjalainen miehistö. Toinen laite oli Neste Oy:n kehittämä prototyyppi, jyrtsin, joka liitettiin tiehöylän runkoon. Kolmas kokeilukohde oli tehdä VBST-massaa asemasekoituksena.

Koekohde oli huonokuntainen öljysoratie, jolla oli vaurioita ja kantavuuspuutteita. Koeosuuksien päälle levitettiin 4 cm öljysorakerros. Lyhyt pätkä VBST-osuudesta jätettiin jopa ilman kulutuskerrosta.

Seuraavassa on kerätty huomioita eri sekoitusmenetelmistä:

Stabilointijyrtsin Bomag MBH 100



Kuva 8.

Stabilointijyrtsin Bomag MBH 100

Laitteessa on erillinen jyrtsinyksikkö, johon sideaine syötetään ja joka sekoittaa materiaalit. Jyrtsimen leveys on 2 m ja jyrtsintäsyvyyttä voidaan säätää 0 - 30 cm. Kuvassa 8 on kuva laitteesta.

Sideainetta syötetään muokattavaan kerrokseen jyrtsimelle asetetun syvyyden ja etenemisnopeuden suhteessa. Tieleveys stabiloitiin kolmella ajokerralla ja poikkileikkaus muotoiltiin erikseen tiehöylällä.

Stabiloitava kerros oli vanhan kulutuskerroksen päälle ajettu uusi murskekerros tai tien vanha kulutuskerros, joka oli revitty auki. Suuret kivet ja kalliokohdat olivat etukäteen merkitty, jotta maksimisekoitussyvyyttä osattiin muuttaa ajon aikana.

Sideaineen sekoittaminen vaati huolellista työtä, jotta se leviäisi tasaisesti stabiloitavan kerroksen ylä- ja alaosaan. Bomagin laitteella tehtiin pelkästään VBST massaa. Bitumiemul-

sion käyttö sideaineena on vastaavasti mahdollista.

VBST massan teko onnistui Bomag jyrsimellä hyvin. Työjälki oli TVL:n valvojan mukaan hyvää samoin kuin laitteen toimintavarmuus.

Tiehöylän lisälaitte - Neste Oy:n kehittämä stabilointilaitte

Tiehöylään kiinnitetty stabilointilaitte vastaa toimintaperiaatteeltaan Bomagin laitetta. Kymissä stabiloitiin 10 cm kerros, jossa oli vanhan öljysoran paksuus mukana. Stabilointijyrsimen työleveys on noin 2 m. Koeosuudet jysyttiin ensin, kasteltiin ja tämän jälkeen sekoitettiin sideaine kerrokseen.

Työn laatua häiritsi laitteen toimintahäiriöt, konetta jouduttiin korjaamaan joka päivä, joten koeosuuden rakentaminen sujui huonosti.

Laitetta on parannettu jatkuvasti, mutta vielä kesällä -87 oli ongelmia sideaineen syötössä ja sekoitetun kerroksen homogeenisuudessa.

Asemasekoitus

Stabiloitua massaa tehtiin öljysorasekoittimella. Sekoitintyyppi sopii työhön, koska laitteet on suunniteltu kylmän kiviaineksen käsittelyyn

tannut, joten materiaalin merkitys nähdään tien ikäkäyttämismisessä.

Asemasekoitteinen massan valmistus ja levitys onnistuivat tyydyttävästi.

Kylmä kiviaines kasteltiin lähelle optimikosteuttaan. Vaatimukset kiviaineksen laadulle on samat kuin paikallasekoituksessa. Asemasekoituksen etuna on useiden lajikkeiden helppo yhdistäminen.

Sopiva sekoitusaika oli 30 - 60 sekunttia. Pitempi sekoitus aiheuttaa hienoaineksen paakkuuntumisen ja isot rakeet jäävät paljaksi.

Asemasekoituksen alkuvaiheessa oli häiriöitä, jotka korjautuivat kolmantena päivänä. Tämän jälkeen koeosuuksien rakentaminen sujuikin normaalisti.

Partala- Ravatilassa käytettyä kiviainesta ei oltu kelpuutettu kestopäällystemateriaaliksi hiekkaisuutensa vuoksi. Materiaalin soveltuvuutta bitumistabilointiin haluttiin kokeilla, koska kirjallisuudessa suositellaan tällaisten materiaalien soveltumista stabilointiin. Varsinaista työntekoa "huono" materiaali ei hai-

3.5 Jälkiseuranta, mittaukset ja tulokset

3.5.1 Yleistä

Koeteiden jälkiseurantaa on hoitanut em. PANK Ry:n stabilointitoimikunta, joka on tilannut, analysoinut ja arkistoinut tehdyt jälkiseurannan tutkimukset. Tutkimusten tekijöinä on ollut mittauspalveluja suorittavat laitokset ja yritykset: TVH, TVL-Turku, TVL-Kymi, VTT, Neste Oy, Lemminkäinen Oy ja RST Sweden / Viatek Oy.

Mittaustulosten analysointi on ollut usein vaikeaa ja siitä saadut kokemukset ovat esitetty tässä raportissa. Vanhojen ja sekalaisesti vuosien kuluessa rakennettujen teiden rappeutumiseen vaikuttavat monet satunnaistekijät, jotka tekevät yksiselitteisten johtopäätösten tekemisen vaikeaksi. Seuraavassa on kirjattu niitä periaatteita ja mielipiteitä, joita stabilointitoimikunta on vuosien kuluessa tehnyt koeteiltä saaduista mittauksista.

3.5.2 Levityksen ja tiivistyksen laatuarvostelu

3.5.2.1 Bitumin sekoittuminen kiviainekseen

Kaikilla erilaisilla menetelmillä on päästy vertailukelpoiseen lopputulokseen. Kuhunkin menetelmään liittyy useita teknisiä yksityiskohtia, jotka aiheuttavat lopputuloksen onnistumisen tai epäonnistumisen. Näitä tekijöitä ovat mm.:

- Vaahdotettavan bitumin lämpötilan on oltava normaalia korkeampi ($> 160^{\circ}\text{C}$), jotta saadaan hyvä vaahtoutuminen. Liian kylmä bitumi aiheuttaa keskeytyksiä bituminsyöttöön ja huonon vaahtoutumisen.

- Emulsion ja kiviaineksen yhteensopivuus on tarkistettava laboratoriossa ennen työn aloittamista.

Emulsiobitumi peittää suurempia rakeita kuin vaahtotettu bitumi. Stabiloitu kerros myös kovettuu nopeammin kuin VBST.

Ennen rakentamista koeosuuksien vauriot kar-toitettiin, kantavuus mitattiin ja raaka-aineista tutkittiin laboratorioissa optimivesipitoisuus ja sideaineen optimimäärä /1/.

Työn aikana seurattiin massan ja raaka-aineiden laatua ottamalla näytteitä kultakin koeosuudelta. Raaka-aineiden tutkimustulokset on kerätty yhteen liitteen kohtiin A ja B.

Rakentamisen jälkeisiä tutkimuksia on tehty seuraavasti: Kantavuus on mitattu heinäkuussa -85, -86, -87 ja -88. Tasaisuuden, urautumisen ja vaurioiden mittaus suoritettiin RST-mittausautolla 1988. Lisäksi toimikunta on tarkistanut teiden kunnon vuosittain.

3.5.2.2 Bitumipitoisuuden merkitys

Bitumipitoisuus vaikuttaa eniten kulutuskestävyyteen ennen varsinaisen pinnan rakentamista. Koerakentamisessa on ollut eri bitumipitoisuuksia 2.9 % - 4.4 %, vaikkakin aivan tarkkoihin pitoisuuksiin ei paikallasekoitusmenetelmien avulla olla vielä päästy.

Bitumin laatu vaikuttaa havaintojen mukaan eniten massan homogeenisuuteen ja levitettävyyteen. Kokeissa B-80 käytöllä yritettiin vaikuttaa massan stabiilisuuteen, mutta tämän hetken tulosten mukaan bitumin kovuus ei ole vaikuttanut kantavuuteen odotetulla tavalla. Pehmeän bitumin sitkeys on ollut hyvä ominaisuus.

3.5.3

Massakokeet

Työnaikaisten massanäytteiden tulosten hajoitus on ollut suuri. Ohjearvoihin ei olla päästy tarkasti. Eniten tähän vaikuttaa laitteiden toimivuus ja miehistön ammattitaito. Taulukoissa 3. ja 4. on eri koeosuuksien massanäytetulosten keskiarvoja.

Massan tasainen leviäminen stabiloitavan kerroksen ylä- ja alaosaan on ollut riippuvainen käytettävästä laitteesta. Asemasekoitus ja Midland ovat tuottaneet läpeensä homogeenista massaa, mutta muiden laitteiden avulla saavutettu laatu on ollut vaihtelevaa.

Taulukko 3. Työnaikaisten massanäytteiden tulokset Stor Mälössä 1985

Lemminkäinen Oy:n ja TVL Turun piirin tutkimusten mukaan.

Koeosuu- den numero	Massa	Ohjearvo	Kulutuksen keskiarvo %	Massanäytteet %		
				I LMK TVL	II LMK TVL	III LMK TVL
1.	BS 25/150 B-80	3.8	3.8	3.8	3.52	
2.	VBST 25/250 B-300	4.5	4.4	3.61 4.02	4.57 4.61	5.15 4.87
3.	VBST 25/250 B-300	3.8	3.2	5.67 4.82	3.25 3.09	3.51 4.08
4.	VBST25/250/RC100 B-80	3.8+1.2	2.8+1.2	3.8+1.2 3.7+1.2	3.1+1.2 3.1+1.2	2.6+1.2 2.5+1.2
5.	VBST25/250/RC100 B-300	3.8+1.2	3.1+1.2	2.65+1.2 3.05+1.2	3.0+1.2 3.2+1.2	2.4+1.2 2.3+1.2
6.	VBST 25/250 B-80	3.8	4.05	4.61 4.6	3.64 3.66	

Taulukko 4. Työnaikaisten massanäytteiden tulokset Vahdossa, 1985

Lemminkäinen Oy:n ja TVL Turun piirin tutkimusten mukaan.

Koeosuu- den numero	Massa	Ohjearvo	Kulutuksen keskiarvo %	Massanäytteet %		
				I LMK TVL	II LMK TVL	III LMK TVL
7.	VBST 25/250 B-80	3.2	3.1	2.31 2.57	3.34 3.26	3.47 3.16
8.	VBST 25/250 B-80	3.8	3.6	3.21 2.99	5.63 4.05	3.51 3.54
9.	BEST 25/250 BIE K-1/200	5.5(3.8)	5.5(3.8)	2.97 2.99	3.03 2.93	
10.	BEST 25/250 BIE K-1/sek.	5.5(3.8)	5.5(3.8)	3.53 3.59	2.83 2.81	
11.	BEST 25/250 BIE K-1/200	4.3(3.2)	4.3(3.1)	3.17 2.99	3.12 3.3	2.77 2.88
13.	BS 25/150 B-80	3.8	3.8	- 3.93	- 3.66	- 3.6

Taulukko 5. Työnaikaisten massanäytteiden tulokset Kymissä, 1986, Lemminkäinen Oy:n ja TVL Kymin piirin tutkimusten mukaan.

Koe- osuus	Menetelmä	Näyt. kpl	Sideaine %		Vesi- %	Rakeisuuden läpäisy-%					
			Ohje	Näytt.		0,074	0,5	2	4	12	32
1. TVL 15. LEM.	Neste	2 4	4,6	4,22 3,7	4,0 2,3	7,9 7,9	28,8 28,5	52,5 52,8	64,8 66,6	92,5 94,5	100 100
2. TVL 16. LEM.	Neste	3 3	4,6	3,93 3,0	3,7 4,3	4,0 4,6	18,0 17,6	35,8 34,2	43,2 42,0	62,6 61,1	100 100
3. TVL 17. LEM.	Bomag	3 3	2,0	3,69 3,6	3,3 3,3	5,6 5,1	25,6 26,2	57,8 59,3	69,0 68,3	86,3 85,9	99 100
4. TVL 18. LEM.	Bomag	3 3	2,5	3,13 2,8	3,6 2,7	5,6 4,4	27,8 26,3	52,5 51,4	63,3 62,1	83,4 81,4	100 100
5. TVL 19. LEM.	Bomag	6 6	3,0	2,95 2,8	3,6 4,0	4,7 4,7	20,0 19,7	42,5 42,5	52,2 52,5	71,3 72,3	99 99
6. TVL 20. LEM.	Asemasek.	5 2 3 5	3,0	4,95 5,0 3,52 3,2	3,7 3,2 3,5 4,2	5,2 3,5 3,5 3,8	22,0 17,5 15,8 16,1	45,3 39,2 33,8 35,2	56,3 49,3 41,4 44,5	78,5 68,6 58,8 61,5	99 99 100 100

3.4. Urat, Vauriot ja Tasaisuus (Stor Mälö ja Vahto)

Stabiloidut koeosuudet ovat kestäneet hyvin kahden vuoden käytön. Ainoastaan muutamia halkeamia ja painumia on nähtävissä koeteillä. Myös sirotepintausta on säilynyt hyvin. VBST ja BEST stabiloinnin välillä ei ole merkittäviä eroja.

Seuraavassa esitetyt urien, vaurioiden ja tasaisuuden mittauksien tulokset ovat mitattu kesäkuussa 1988 ruotsalaisella Road Surface Tester mittausautolla. Urien ja tasaisuuden mittaus perustuu lasertekniikkaa ja vauriot inventointiin neljän muuttujan suhteen ajon aikana mittausmiehistön toimesta.

Mittaus tapahtuu normaalilla ajonopeudella 20 cm jaksoina. Näistä 20 cm jaksoista tulos-tetaan 20 m keskiarvot, joista voidaan tulos-ttaa haluttuja jakaumia. Tässä kappaleessa, taulukossa 6, esitetään vain koeosuuksien keskiarvot ja keskihajonnat. Liitteen luvussa C 1 on koeosuuksien vastaavat tulokset 100 m jaksoissa ja luvussa C2 on VTT:n ke-sällä 1988 tekemän tasaisuusmittauksen tu-lokset. Kuvassa 9 on esitetty yhden koeo-suuden (osuus 6, Stor Mälö) mittauksien tulokset 20 m jaksoissa. Liitteessä E on kuvat muilta osuuksilta. Kuvan alapuolella on koeosuuden kantavuusmittauksien tulokset kesältä 1988.

Uramitus perustuu normaalin maksimiuran mittaamiseen. Vähäliikenteisillä öljysorasteilla voidaan ehkä paremmin puhua tien poikittai-sesta tasaisuudesta kuin varsinaisesta uraumi-sesta.

Tasaisuusmittauksen yksikkönä on käytetty IRI arvoa. IRI:n arvoa 4 voidaan pitää ajo-mukavuuden kannalta epätasaisen tien raja-arvona. /7/

Vauriomittauksessa laskettiin verkkohalkeamat, pitkittäishalkeamat ja reiät/paikat juoksumetreinä tiepituudesta. Näistä eri tekijöistä on laskettu vaurioindeksi, missä verkkohalkeamia on painotettu 0.7, pit-kittäishalkeamia 0.2 ja reikiä 0.1.
0.7 x verkkohalkeaman pituus
0.2 x pitkittäishalkeaman pituus
0.1 x reiät, paikat
yhteensä 100 %

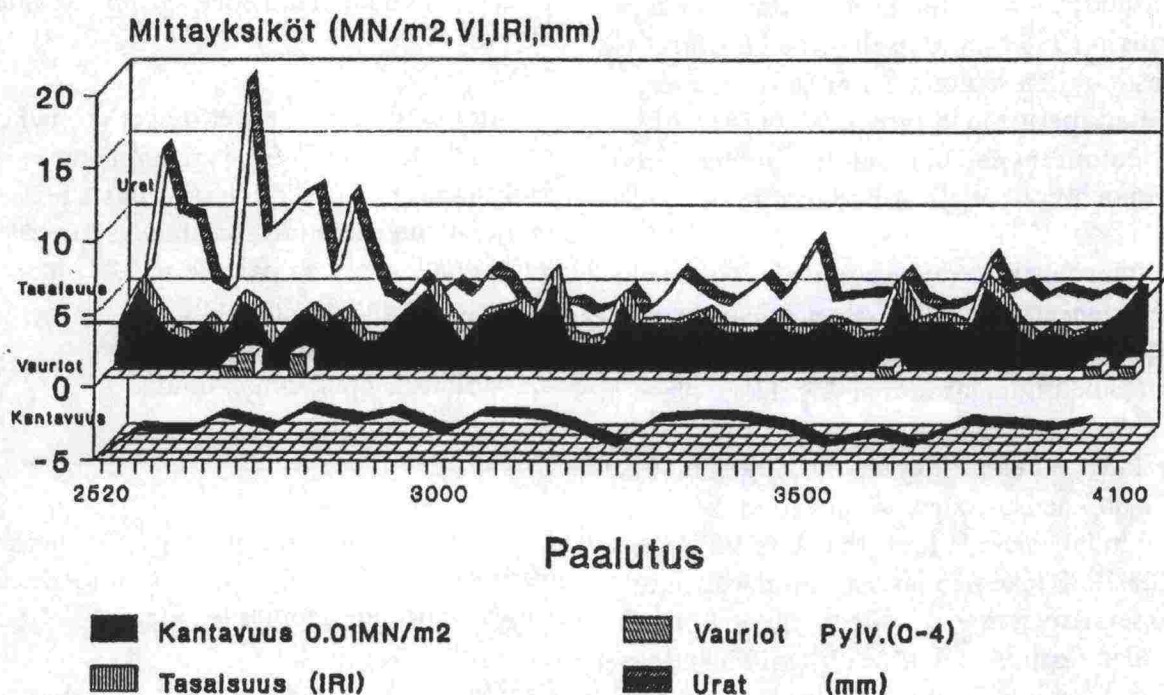
Kuvassa 9 vauriot on esitetty pylväsdiagram-mina vaurioindeksillä 0-4, missä 4 merkitsee 100 % vaurioita tiepituudesta.

Partala Ravattila koeosuuksien vaurioinven-tointi 1987 on liitteessä C3.

Taulukko 6. Koeosuuksien urien, tasaisuuden ja vaurioiden keskiarvot kesäk.1988

	NIMI/ KOEOS.	URAT	URAHAJ	IRI	IRIHAJ	VAURIOT	VAUHAJ
Stor Mälö	1 BS	5.58	2.05	4.09	2.29	4.90	15.59
	2 VBST	4.56	1.88	4.26	1.35	1.30	3.62
	3 VBST	4.08	2.10	2.98	1.34	.20	1.00
	4 VBST	5.70	2.43	3.42	1.18	1.10	3.69
	5 VBST	6.31	3.98	4.38	1.14	0.0	0.0
	6 VBST	5.53	2.66	3.41	1.29	1.25	4.04
Vahto	7 VBST	5.83	1.88	3.54	1.40	3.92	6.21
	8 VBST	8.21	2.06	3.49	1.30	3.89	7.19
	9 BEST	4.94	1.02	3.16	1.18	3.75	10.11
	10 BEST	5.03	1.13	3.60	1.05	3.44	8.99
	11 BEST	5.15	.24	4.03	1.08	2.50	5.00
	12 BEST	6.80	2.69	3.98	1.20	2.59	6.18
	13 BS	5.65	2.03	2.76	1.19	5.00	6.85
	14 Sitom	6.26	1.42	2.82	1.44	4.93	16.36

Vauriot, tasaisuus ja urat StorMälö 1988, koeosuus 6



Kuva 9. Vauriot, tasaisuus ja urat koeosuus 6:lla 6.1988 (VBST 25/250, B-80 4.05 %)

3.5.5 Kantavuus

Koeteiden kantavuutta on mitattu Benkelman palkilla yksi tai kaksi kertaa vuodessa, keväällä ja loppukesällä. 10 cm stabiloidulla kerroksella saavutettu kantavuuden paraneminen on jäänyt odotettua huonommaksi. Mittaustulosten arvioiminen on ollut erittäin vaikeaa. Koetiet ovat olleet periaatteessa rakentamattomia teitä ja 500 m koeosuuksien pohjaolosuhteet ovat hyvin vaihtelevia. Lähes jokaisen koeosuuden lähtökantavuudet vaihtelevat 50 ja 150 MN/m² välillä.

Mittaustulosten arvostelussa ollaan käytetty mahdollisimman yksinkertaisia päättelysääntöjä:

- tien kantavuus ei ole voinut huonontua 10 cm stabiloidun murskekerroksen lisäyksellä
- lisätty kerros ei paranna kantavuutta enemmän kuin TVH:n suunnitteluohjeiden mukaan vastaava BS kerros nostaisi kantavuutta.

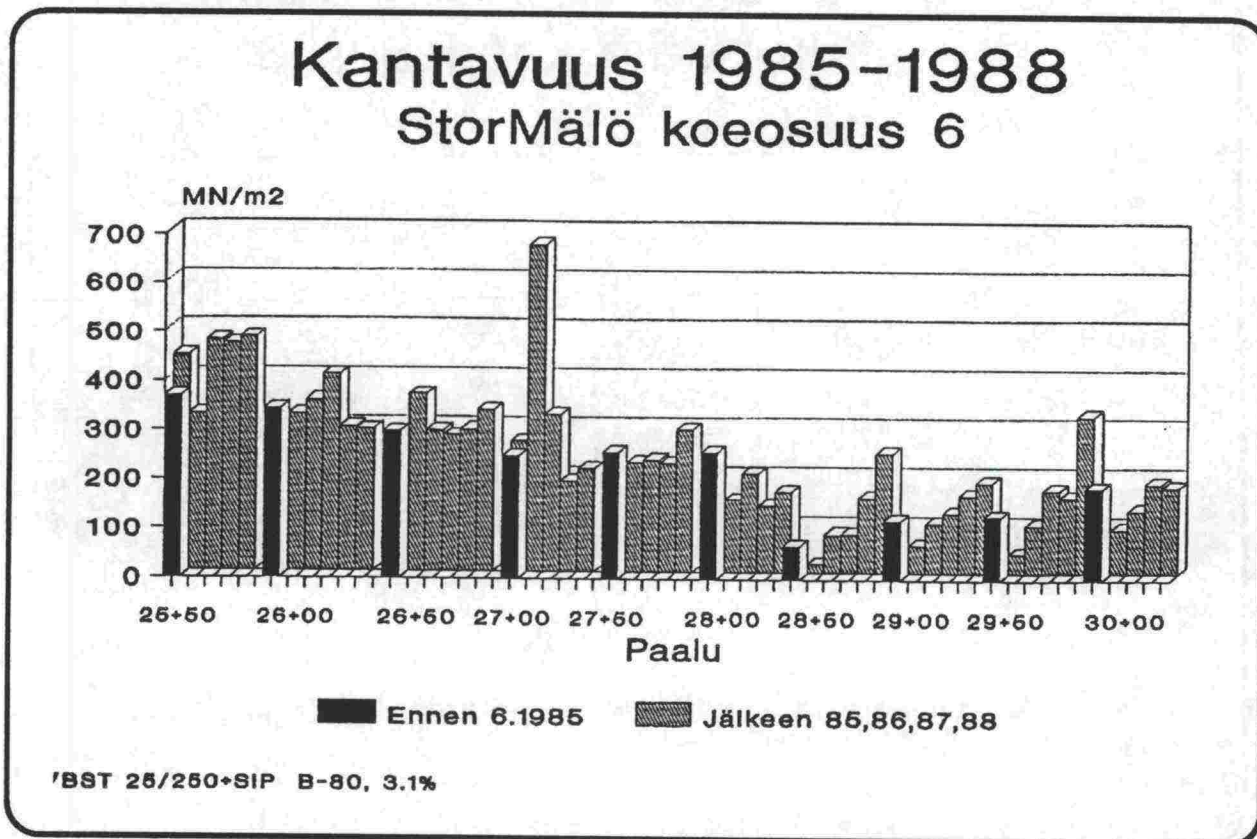
Tästä huolimatta koeosuuksien mittaustulosten keskiarvon käyttäminen on tuntunut väärältä, koska tulosten hajonta on säännöllisesti yli

50 %. Lisäksi kantavuuden lähtötaso vaikuttaa saavutettavan parannuksen suuruuteen. Paras mittausten arvostelumenetelmä on ollut verrata pistekohtaisia mittaussarjoja toisiin samalla lähtötasolla olleisiin pisteisiin.

Kuvassa 10 on Stor Mälön koeosuuden 6 alusta 10 ensimmäistä mittauspistettä, plv 25+50 - 30+00. Mittaukset on tehty Benkelman palkilla heinä-elokuussa, jotta mittaussajankohdan aiheuttama tulosten hajonta olisi mahdollisimman pieni. Kantavuusmittaustulosten vaihtelu on huomattavan suuri:

Lähtökant.	6.1985	67 - 370	MN/m ²
	8.1985	18 - 440	MN/m ²
	7.1986	77 - 667	MN/m ²
	7.1987	78 - 470	MN/m ²
! Kevätk.	10.5.1988	134 - 463	MN/m ²
	8.1988	163 - 476	MN/m ²

Yksittäisten mittaustulosten perusteella tehdyt arviot kantavuuden kehittymisestä ovat vähintäänkin arveluttavia.



Kuva 10. Kantavuusmittaustulokset koeosuuden 6 alusta, samoilta kohdin vuosina 1985-1988 VBST 25/250.

Kantavuuden lisääntymisestä voidaan yleisesti ottaen todeta koeteiden osalta (10 cm stabiloitu kerros):

VBST 25/250, B-300	50 MN/m ²
VBST 25/250, B-80	60 MN/m ²
BEST 25/250, BIE K-1/200	60 MN/m ²
VBST/250/%, RC, B-300	20 MN/m ²

Bitumistabiloinnilla saavutettava kantavuuden lisäys on vähäisempää kuin muilla stabilointiaineilla (esim. sementti). Bitumin elastiset ominaisuudet antavat kuitenkin kestävyyttä routiville ja heikosti perustetuille tierakenteille. Bitumilla stabiloitu kerros parantaa huomattavasti tien kuivatusta ja estää kapillaarista veden nousua tierakenteeseen.

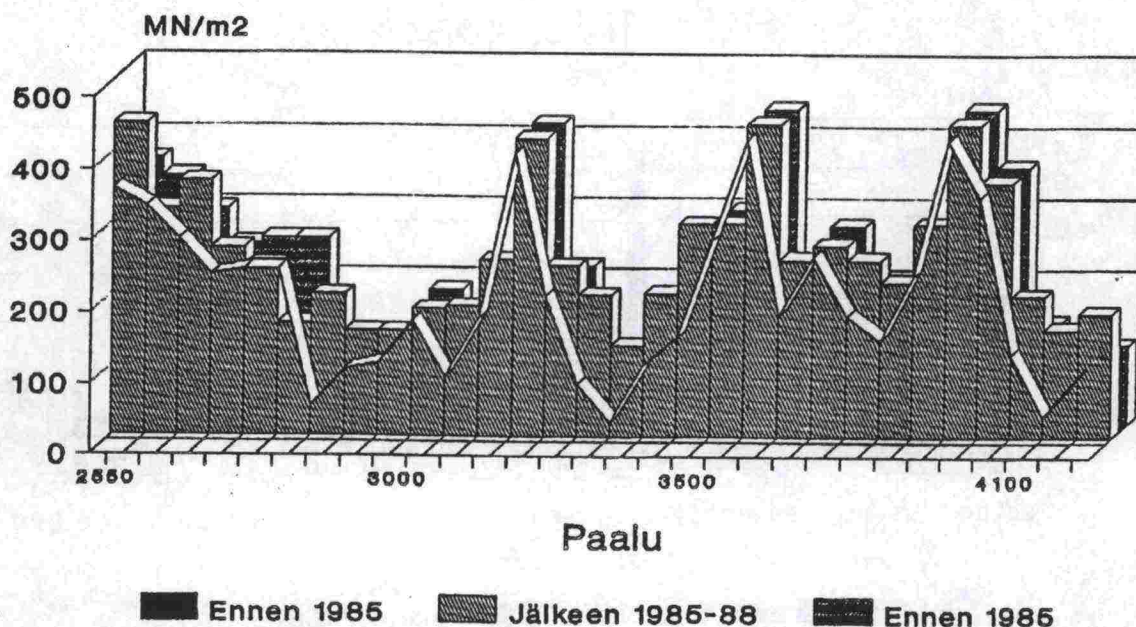
Kuvassa 11 on esitetty kantavuusmittaustulokset 1985 - 1988 koeosuudelle 6 Stor Mälössä. Lähtökantavuudet ovat erittäin epähomogeenisiä tällä kuten kaikilla muillakin tieosuuksilla.

Kuvassa on verrattu tien kantavuustuloksia ennen ja jälkeen toimenpiteen. Toimenpiteen jälkeisenä kantavuusmittaustuloksena on käytetty 1985-1988 kaikkien mittausten moodia, valta-arvoa. Kantavuus on parantunut jonkin verran. Toimenpiteen hyötyjä tulee tarkastella myös muiden tekijöiden osalta.

Koeosuuksien pohjamaan/rakenne kerrosten laatu on selvittämättä ja eri osuudet sijaitsevat toisistaan poikkeavassa ympäristössä, toinen kalliolla, toinen savisella pellolla jne.

Kantavuusmittaus puolestaan on erittäin herkkä ympäristön olosuhteille, joten tuloksista voidaan nähdä vain kehityksen trendi, eikä absoluuttisia (MN/m²) arvoja tien kantavuuden kehitykselle.

Kantavuus Ennen/Jälkeen StorMälö koeosuus 6



VBST 25/250 + SIP B-80, 3.1 %

Kuva 11. Kantavuus Stor Mälön koetieosuudella 6, ennen ja jälkeen (VBST 25/250).

4.0 JOHTOPÄÄTELMÄT

Koetiet ovat toimineet varsin hyvin Suomessa ennestään tuntemattoman vahvistusmenetelmän kokeilukohteina. Nykyisin suomalaista tietämystä bitumistabiloinnista voidaan pitää kohtalaisen hyvänä. Esiin on tullut asioita ja eri tekijöitä, jotka vaativat lisää tutkimusponnistuksia.

Työtä ollaan tehty eri laitteiden kanssa, paikalla- ja asemasekoitteisilla massoilla ja eri resepteillä. Uusin käyttötekniikka on stabilointijyrsimien puolella. Selvää hinta-laatu suhdetta ei voida menetelmille laskea työkohteiden kokeiluluonteiden vuoksi.

Ehkä yllättäväksikin voi sanoa niitä ongelmia, mitä mittaustulosten tulkinta on työryhmälle aiheuttanut. Mittausmenetelmien aiheuttama tulosten hajonta on haitannut koeteiden seurantaa. Työryhmä voi suosittaa kokemustensa pohjalta paneutumista seuraaviin tekijöihin: mittaustekniikan valinta, mittausten ja tulosten hyödyntämisen suunnittelu.

Seuraavassa on lyhyt yhteenveto saaduista mittaustuloksista:

Massakokeet: Sideainemäärän ohjearvojen tarkka noudattaminen on vaikeaa.

Urat, vauriot ja tasaisuus: Koekohteiden ko. tekijät ovat pysyneet hyvinä eli tien liikennöitävyys on parantunut jakson 1985-1988 aikana.

Kantavuus: Kantavuuden mittaustulokset eivät ole olleet johdonmukaisia. Mittaamiseen ja mittausten menetelmän valintaan pitää kiinnittää enemmän huomiota, jos halutaan seurata kantavuuden muutoksia.

Kantavuus on lisääntynyt ko. toimenpiteen vaikutuksesta hyvälle tasolle useimmilla koeosuuksilla.

Bitumistabiloinnin kahden eri raaka-aineen, vaahdotetun bitumin ja bitumiemulsionemulsion, välille työryhmä ei ole havainnut merkittävää eroa, vaan materiaalit ovat tasa-arvoisia tulostensa pohjalta.

Nykyään bitumin sekoittaminen kylmään kiviainekseen ei ole enää ongelma vaan kehitys tulee kohdistaa laboratoriokokeista saatavan tiedon käyttöön.

Stabiloidun kerroksen päälle on tehtävä kulutuskerros, vaihtoehtoina ovat: SIP, AB, KAB ja ÖS.

Koetien antamat tärkeimmät opit työryhmälle olivat.

- Koetien ennakkotutkimuksiin tulee varata riittävästi resursseja ja aikaa

- Työnaikainen kokeen seuranta tulee suunnitella.

- Koetien seurantaan tulee varata vähintään 5 vuotta.

Työryhmä pitää bitumistabilointia lupaavana työmenetelmänä, jonka kehittämiseen kannattaa uhrata tutkimustyötä. Menetelmä ei ole löytänyt paikkaansa/ympäristöään muihin vahvistusmenetelmiin verrattuna. Esisuunnittelu on tärkeää, jotta resursseja pystyttäisiin käyttämään mahdollisimman taloudellisesti

4.1 Ehdotuksia jatkotutkimuksille

Koeteiden perusteella on tullut esiin seuraavia asioita, joita jatkotutkimusten yhteydessä tulee pitää mielessä:

- Kantavuuden mittaustavan valinta ja mittaustiheyden testaaminen perusteellisesti.
- Maaperän kosteuspitoisuus ja lämpötila kantavuuden mittaushetkellä.
- Maaperän/raennekerrosten laatu koeosuuksien homogeenisuuden arvostelua varten. (Auto- tai putkikairaus 100 m välein).
- Maaston vesisuhteiden tutkiminen (liittyy oleellisesti edelliseen kohtaan, routimiseen, rakenteen kestävyys ja kantavuuteen).
- Tien tilan arvostelu kokonaisuutena eikä ainoastaan kantavuuden perusteella. Esim. öljysoratiestön PMS-järjestelmässä tie jaetaan:

Kantavuuden mukaan 4 luokkaan

Vaurioiden mukaan 3 luokkaan

Pitkittäisen epätasaisuuden mukaan 3 luokkaan

Poikittaisen epätasaisuuden mukaan 3 luokkaan

eli tien tila kuvataan 108 erilaisella kuntoluokalla.

- Erilaisten rakennetyyppien vaikutusten selvittäminen.
- Sideaineen tasaisen sekoittumisen seuraaminen.
- Stabiloitavan maan hienoaineksen määrän ja rakeisuuden vaikutus kantavuuteen.
- Tiivistämisen vaikutuksen seuraaminen rakeisuuden ja stabiloidun materiaalin tiheyden suhteen.
- Menetelmä piennarten ja luiskien stabiloimiseksi tulisi kehittää.

KIRJALLISUUSLUETTELO

1. J. Äijö, Vaahtobitumiasfaltin käyttö kantavuuden parantamiseen, diplomityö TKK 1985.
2. Acott, S.M., Sand Stabilization Using Foamed Bitumen. The third Conferense on Asphalt Pavements for Southern Africa. Durban, 1979.
3. The Asphalt Institute, Asphalt Mixed-in-Place manual, Manual series No 14 (MS-14). 5.1965, USA
4. Arvinen, Forsten, Hurtig, Köylijärvi; Bitumiemulsioiden käyttö tienrakentamisessa Ranskassa, matkamuistio PANK ry 1984.
5. TVH koetieraportti: Vaahtobitumikoetiet 1985.
6. TVH koetieraportti: Bitumistabilointikokeilu 1986, TVH/Kp, 3.1987.
7. W.D.O. Paterson: Relationship of the International Roughness Index to other measurements of roughness and riding quality. TRB, Jan. 1986.

PANK ry Stabiloointitoimikunta

Koetiet 1985 - 1988

Raportin liitteet

	Sivuja
A Bitumin tutkimustulokset Vahdon koetieltä	2
B Kiviaineksen rakeisuuskäyrät	
1. Stor Mälön ja Vahdon koetiet	1
2. Partala-Ravattila koetie	2
C1 Stor Mälön ja Vahdon urat, tasaisuus ja vaurioinventointi 1988 100 m jaksoissa/RST Sweden - Viatek Oy	2
C2 VTT:n tekemä tasaisuuden mittaust 1988	5
C3 Partala - Ravattilan vaurioinventointi 1987/ L. Forstén, Lemminkäinen Oy	1
D Kantavuusmittaustulokset 1985 - 1988	
1. Stor Mälö	8
2. Vahto	11
3. Partala-Ravattila	9
E RST:n vaurio-, ura- ja tasaisuusmittaukset yhdistettynä kantavuuteen. Kuvat koeosuuksista 1 - 14	15
F Taulukko eri tasaisuusmittaustulosten vertailemiseen/ W. Patterson, World Bank	1
G Stabiloitujen osuuksien poranäytteiden lujuudet	6
- Stor Mälö	

VAHTO - LIETO KOETIE/EMULSIOANALYYSIT

	C	D	E	F
Näyte	K-1 B-200	K-1 B-80, B-200 seos Pl 38+50 Pl 41+50 Pl 44+50		
Pvm	17.7.	18.7.		
Viskositeetti 50 °C, mm ² /s	107	90	83	91
STV (4 mm) 25 °C, mm ² /s	156	144	141	118
Tislaus 260 °C asti				
- öljytisleet, til-%	1,0	0,8	0,5	0,8
- tislausjäännös, p-%	65,7	65,9	66,1	64,5
- tislausjäännöksen tun- keuma. 1/10 mm	200	152	115	142
Haihdutusjäännös, %	66,8	66,3	66,1	65,4
Seulonta (0,5 mm), p-%	0,01	0,01	0,01	0,01
Laskeuma 5 vrk, p-%	-0,21	0,24	1,38	-1,34
Emulsion pH	1,5	1,3	1,6	0,9
ASTM-murtuvuus, %	4,0	3,0	1,8	6,2
Murtuvuus hiekkaan, g	113	114	125	126

Serotusasema	Lieto	Tyon numero
Näytteenottoaika	27.6 ja 16.7.85	Puri
Tiesä	Mt 20 Vahto-Lieto	Bitumilaji
		B-80

TUTKIMUSTULOKSET

A

27.6.

B

16.7.

Turkeuma, 25°C, 0,1 mm	108	132
Viskositeetti, 60°C, Pas	100	83
Viskositeetti, 135°C, mm ² /s	265	271
Ohutkalvokokeen jälkeen:		
Painohavio, paino %	1,0	0,3
Muutospiste, Fraun °C	-11	-16
Viskositeetti, 60°C, Pas	266	206
Turkeuma, 25°C, mm		
Kiintymiskerroin	2,7	2,5

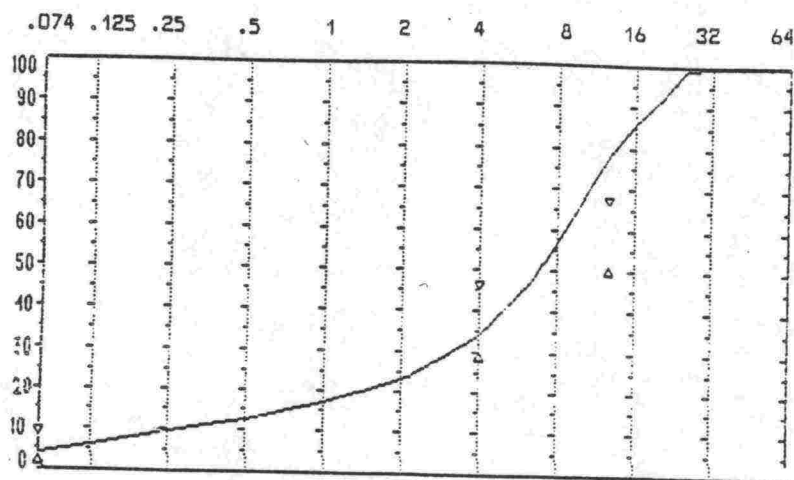
LAUSUNTO

Näytteiden penetraatio ylittää sille asetetun laatuvaatimuksen. Painohavio ohutkalvokokeessa on epätavallisen korkea (näytteissä oli hieman vettä). Myös kovenemiskerroin on korkea. 16.7. otetun näytteen viskositeetti 60^o:ssa alittaa B-80:lle asetetun laatuvaatimuksen. - Näytteet liittyvät vaahtoasfaltti kokeiluun.

Kemisti

Eva Solin

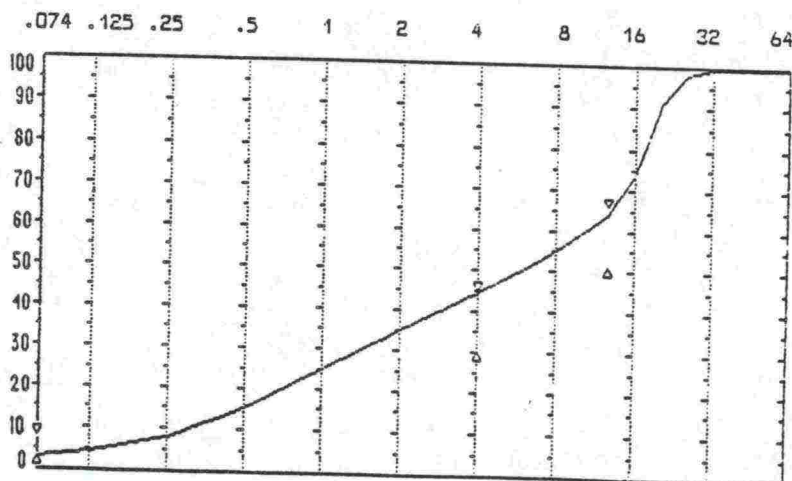
Eva Solin



läpäisy-%

64....:	100.00
32....:	100.00
25....:	99.00
20....:	92.00
16....:	86.00
12....:	78.00
8....:	57.00
6....:	47.00
4....:	34.00
2....:	23.00
1....:	17.00
0.5....:	12.60
0.25...:	9.40
0.125..:	6.00
0.074..:	4.60

PARTEKIN Ms 0-25 RAKEISUUSKÄYRÄ, STOR MÄLÖN KOETIELLÄ
KÄYTETTY KIVIAINES.



läpäisy-%

64....:	100.00
32....:	100.00
25....:	98.00
20....:	91.00
16....:	74.00
12....:	64.00
8....:	55.00
6....:	51.00
4....:	44.60
2....:	35.00
1....:	25.10
0.5....:	14.90
0.25...:	8.00
0.125..:	4.60
0.074..:	3.60

ORIPÄÄN JALOSTUSSORAN Ms 0-25 RAKEISUUSKÄYRÄ, VAHDON KOETIELLÄ
KÄYTETTY KIVIAINES.

LEMMINKÄINEN OY
KESKUSLABORATORIO

Liite B2 1 (2)

NÄYTERAPORTTI

Näyte no....: 2896 / 0 Pvm: 31.07.1986
 Paikkakunta.: LAPPEENRANTA 0293
 NO: 1 4%

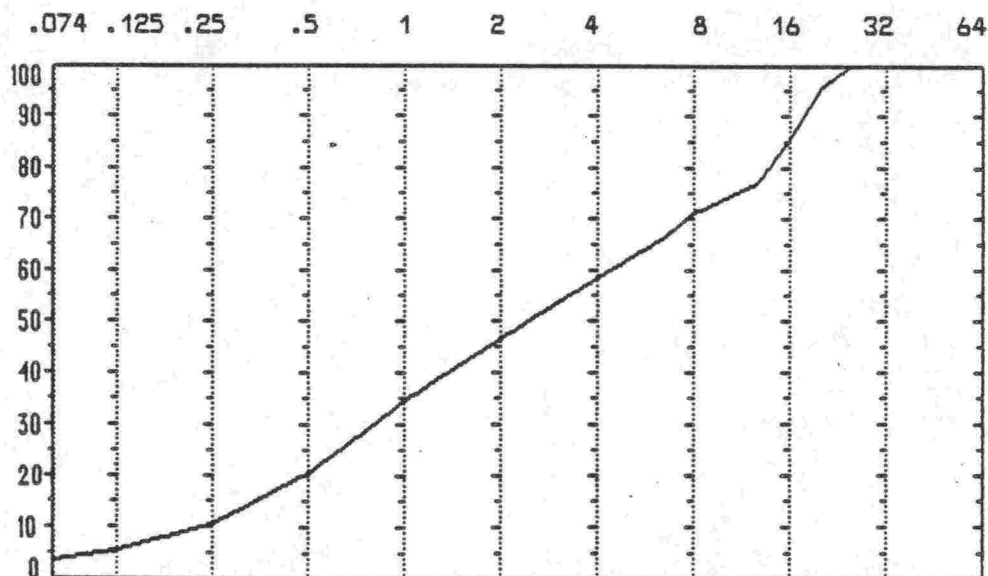
Rakennuttaja:
 Kohde.....: ESIKOE
 Näytelaji...: M-VBBS
 M.M

läpäisy-%

64.....: 100.00
 32.....: 100.00
 25.....: 100.00
 20.....: 95.92
 16.....: 85.53
 12.....: 77.14
 8.....: 70.85
 6.....: 66.07
 4.....: 58.37
 2.....: 46.53
 1.....: 34.55
 0.5...: 20.32
 0.25..: 10.63
 0.125.: 5.61
 0.074.: 4.04

Sideaine : 3.35%+

Kosteus : 5,7%

Halkaisuvetoisuus 228 kN/m²

Tutkija :

Hyväksynyt:

TVL:n _____ Kymen _____ piiri

19.9.1986

Tieosa/työmaa			
Mt 3931 Partala-Ravattila			
Näytteen ottoaika			
Näytteen laatu			
<input type="checkbox"/> louhoskiveä	<input type="checkbox"/> kiviä	<input type="checkbox"/> soraa	<input type="checkbox"/> mursketta <input checked="" type="checkbox"/> murskesoraa <input type="checkbox"/> sepeliä, lajite mm
Näytteen ottoaika		Näytteen otaja	
10.7.86		mm	
Käyttötarkoitus			mm
Bitumistabilointi			mm
Kivilaji			
hieno-keskirakeisia graniitteja		30 %	
hienorakeista kiillegneissia		70 %	
Näytteen tunnus			
Tutkimustulokset:			
Kiintotiheys	2,71		
Los Angelesluku	24,4		
Parannettu haurausarvo	21,7		
Muotoarvo (c/a, b/a)	2,33/1,56		
Murtopintaluku			
Irtotiheys \square mm			
Liete (\square <0.074 mm)			
Humus (NaOH)			
Kelpoisuus:	I		
Laatuluokka			
Huomautuksia			
Kiviaines on osittain rapautunut, mutta se soveltuu II ja III laatuluokkaa edellyttäviin käyttökohteisiin.			
Vaatimukset		Geologi	
Laatuluokka	Los A-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo
I	≤ 25	≤ 22	$\leq 2,5/\leq 1,7$
II	$\leq 30(33)$	$\leq 26(28)$	$\leq 2,7/\leq 1,8$
III	$\leq 35(38)$	$\leq 30(32)$	$\leq 2,9/\leq 1,9$
Sulkuarvoja voidaan käyttää vain materiaalin puutealueilla, jos taloudelliset vertailulaskelmat sitä edellyttävät.			
			Martti Eerola

Stornato kesäkuu. 12025

RST-Suodan - Viatah 1988

Vaahatobitumikoetiet, mittaukset 100 metrin paloissa

Liite C1 1 (2)

NIMI	TIENUM	TIEDSA	ALKU	LOPPU	IRI	IRIHAI	URAT	URAHAI	VAURIOT	VAUHAJ
1	12025	1	0	100	5.55	4.64	6.58	2.17	0.0	0.0
1	12025	1	100	200	3.31	.73	5.98	2.67	7.00	15.65
1	12025	1	200	300	4.44	1.81	5.76	2.57	17.50	30.31
1	12025	1	300	400	4.25	.38	4.64	.98	0.0	0.0
1	12025	1	400	500	2.89	.82	4.94	1.62	0.0	0.0
2	12025	1	500	600	4.99	1.10	4.90	2.30	4.00	6.52
2	12025	1	600	700	4.76	.37	4.56	.98	0.0	0.0
2	12025	1	700	800	4.89	1.01	5.90	2.29	2.00	4.47
2	12025	1	800	900	4.22	1.69	4.08	1.99	.50	1.12
2	12025	1	900	1000	2.45	.36	3.38	1.21	0.0	0.0
3	12025	1	1000	1100	4.11	1.90	3.68	.28	0.0	0.0
3	12025	1	1100	1200	2.55	.92	3.12	.69	0.0	0.0
3	12025	1	1200	1300	3.28	.36	7.10	2.79	0.0	0.0
3	12025	1	1300	1400	2.38	.77	3.74	.64	0.0	0.0
3	12025	1	1400	1500	2.58	1.75	2.78	1.61	1.00	2.24
4	12025	1	1500	1600	3.36	1.45	5.06	1.92	0.0	0.0
4	12025	1	1600	1700	2.82	.83	5.66	3.35	0.0	0.0
4	12025	1	1700	1800	3.92	1.46	5.72	2.32	0.0	0.0
4	12025	1	1800	1900	3.11	.67	4.70	1.18	2.00	2.74
4	12025	1	1900	2000	3.88	1.36	7.36	2.95	3.50	7.83
5	12025	1	2000	2100	4.96	1.94	8.24	6.54	0.0	0.0
5	12025	1	2100	2200	4.64	1.23	7.64	2.75	0.0	0.0
5	12025	1	2200	2300	3.73	.66	7.06	4.94	0.0	0.0
5	12025	1	2300	2400	3.91	.62	4.60	1.54	0.0	0.0
5	12025	1	2400	2500	4.63	.54	4.02	.57	0.0	0.0
6	12025	1	2500	2600	3.50	1.54	7.78	4.47	0.0	0.0
6	12025	1	2600	2700	3.27	1.20	9.52	5.79	8.00	11.10
6	12025	1	2700	2800	3.10	.95	9.88	2.38	2.00	4.47
6	12025	1	2800	2900	3.38	1.57	5.16	1.43	0.0	0.0
6	12025	1	2900	3000	3.43	.91	4.94	.96	0.0	0.0
6	12025	1	3000	3100	3.13	2.04	3.58	.26	0.0	0.0
6	12025	1	3100	3200	3.43	.86	4.64	1.03	0.0	0.0
6	12025	1	3200	3300	3.06	.64	4.50	.69	0.0	0.0
6	12025	1	3300	3400	2.57	.43	5.38	1.76	0.0	0.0
6	12025	1	3400	3500	3.56	1.35	4.30	.97	1.00	2.24
6	12025	1	3500	3600	3.60	1.64	4.98	1.20	0.0	0.0
6	12025	1	3600	3700	2.72	.63	4.42	.28	1.00	2.24
6	12025	1	3700	3800	3.81	1.00	5.08	.78	3.00	4.47
6	12025	1	3800	3900	5.22	1.39	5.38	1.17	5.00	7.07
6	12025	1	3900	4000	3.47	1.53	4.82	1.87	0.0	0.0
6	12025	1	4000	4100	3.33	1.71	4.12	.61	0.0	0.0

Vahto, treunum. 201
RST Sweden - Vraht / 1988

	NIMI	TIENUM	TIEDOSA	ALKU	LOPPU	IRI	IRIHAI	URAT	URAHAI	VAURIOT	VAUHAJ
7	201	4	580	680	4.97	1.68	4.34	.51	4.00	8.94	
7	201	4	680	780	3.94	1.73	4.86	1.04	3.00	5.42	
7	201	4	780	880	2.83	.69	4.66	.29	8.50	8.40	
7	201	4	880	980	3.05	.67	5.60	2.50	7.00	7.58	
7	201	4	980	1080	3.68	1.72	7.16	1.05	6.00	4.54	
7	201	4	1080	1180	3.71	1.22	5.94	1.21	5.00	5.30	
7	201	4	1180	1280	4.40	1.62	6.08	.89	2.50	3.54	
7	201	4	1280	1380	2.66	.56	5.08	2.07	0.0	0.0	
7	201	4	1380	1480	4.33	1.94	6.10	.94	0.0	0.0	
7	201	4	1480	1580	3.22	.82	4.52	.62	8.00	10.95	
7	201	4	1580	1680	3.02	.40	9.44	1.17	1.50	2.24	
7	201	4	1680	1740	2.00	.91	6.37	3.07	0.0	0.0	
8	201	4	2060	2160	5.20	1.29	9.94	2.62	0.0	0.0	
8	201	4	2160	2260	2.85	.31	7.20	1.21	6.00	8.94	
8	201	4	2260	2360	2.74	.46	8.82	.75	8.00	9.08	
8	201	4	2360	2420	2.95	.55	6.00	.26	0.0	0.0	
9	201	4	3580	3680	4.29	1.61	5.68	1.46	1.50	2.24	
9	201	4	3680	3780	3.87	.56	5.50	1.21	0.0	0.0	
9	201	4	3780	3880	2.63	.93	4.78	.44	0.0	0.0	
9	201	4	3880	3980	2.37	.48	4.36	.28	14.50	19.40	
9	201	4	3980	4060	2.52	.50	4.25	.45	2.50	5.00	
10	201	4	4200	4300	4.71	.61	4.12	.22	11.00	15.97	
10	201	4	4300	4400	2.81	.61	4.40	1.30	0.0	0.0	
10	201	4	4400	4500	3.36	.60	6.46	.65	5.50	9.59	
10	201	4	4500	4600	2.86	.97	5.10	.80	0.0	0.0	
10	201	4	4600	4680	4.40	.85	5.05	.72	0.0	0.0	
11	201	4	4980	5060	4.03	1.08	5.15	.24	2.50	5.00	
12	201	4	5060	5160	4.13	1.92	4.60	.34	0.0	0.0	
12	201	4	5160	5260	3.97	1.17	6.08	1.67	0.0	0.0	
12	201	4	5260	5360	4.07	.90	7.78	2.62	.50	1.12	
12	201	4	5360	5460	4.16	.98	6.82	1.08	.50	1.12	
12	201	4	5460	5560	3.37	.40	6.82	.95	3.00	6.71	
12	201	4	5560	5640	4.22	1.82	9.17	5.83	13.75	9.46	
13	201	5	100	200	2.47	.88	6.46	2.66	10.00	10.00	
13	201	5	200	300	2.42	.56	4.36	.87	7.00	6.71	
13	201	5	300	400	3.83	1.61	5.06	.52	2.00	3.26	
13	201	5	400	500	2.35	1.41	5.08	1.22	4.00	5.48	
13	201	5	500	600	2.62	1.26	5.06	1.40	0.0	0.0	
13	201	5	600	680	2.89	1.03	8.43	2.71	7.50	8.66	
14	201	5	1100	1200	1.73	.43	5.90	.96	0.0	0.0	
14	201	5	1200	1300	2.40	.95	6.76	.67	1.50	3.35	
14	201	5	1300	1400	2.94	1.22	5.94	.86	1.50	3.35	
14	201	5	1400	1500	2.44	.28	4.98	.86	0.0	0.0	
14	201	5	1500	1600	2.04	.60	6.02	.67	0.0	0.0	
14	201	5	1600	1700	3.31	1.69	7.06	2.86	15.00	30.82	
14	201	5	1700	1800	3.79	1.07	7.16	1.29	17.50	30.31	
14	201	5	1800	1810	8.16	.	6.40	.	0.0	.	

PVM 290698
TIE 12025
ALKU 880202
SUUNTA 1
PINTA 25
NOPEUS 60
TOSA 01

Storma 15 / VTT 1988

EPÄTASAISUUSLUKU (CM/KM)

KM 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 KA

0	-	-	189	216	140	315	328	323	355	186	257
1	262	191	268	169	254	212	220	276	303	228	238
2	265	295	237	261	306	269	267	260	254	236	265
3	270	269	234	239	277	253	233	295	348	306	272
4	217	196	170	407	326	198	336	169	291	314	262
5	230	224	535	550	310	149	105	86	73	259	252
6	214	77	51	87	92	82	149				

↑ kerosuus

KA: 242

1:00 6

2: 90 3

3:140 5

4:180 5

5:200 46

YKSITTÄISEPATASAIUUDET:

MATKA (KM)

KIIHTYVYYS (M/S 2)

.84	4.7
1.03	4.7
1.23	4.2
1.80	4.5
1.81	5.3
2.18	4.2
2.55	4.5
3.04	6.8
3.44	4.3
3.45	4.2
3.93	5.2

1E 12025
 ALKU 880202
 SUUNTA 2
 PINTA 25
 NOPEUS 60
 TOSA 01

Starmato 10/11 1988

Liite C2 2 (5)

EPÄTASAISUUSLUKU (CM/KM)

KM	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	KA
0	-	126	76	88	71	58	74	136	187	80	100
1	79	101	228	290	302	376	310	577	228	432	292
2	588	164	100	634	256	175	212	208	247	224	281
3	226	344	295	184	187	252	277	246	235	293	254
4	276	209	239	243	289	258	330	316	434	329	292
5	261	181	216	245	273	208	244	304	239	234	241
6	221	313	269	162	183	259	160				

Koosaus

KA: 243

1:0 0 7

2: 90 4

3:140 4

4:180 5

5:200 46

YKSITTÄISEPÄTASAISUUDET:

MATKA (KM) KIIHTYVYYS (M/S 2)

1.51	5.7
1.55	4.4
1.56	6.1
1.65	4.3
1.71	4.9
1.72	4.4
1.74	6.4
1.75	4.1
1.80	5.7
1.89	4.1
1.99	5.6
2.00	4.9
2.01	5.8
2.02	4.0
2.03	4.8
2.05	4.8
2.07	6.9
2.08	6.1
2.09	6.3
2.35	11.7
2.36	12.3
2.41	5.4
2.42	4.0
2.91	6.3
3.76	5.6

5.83
6.02

5.7
4.1

Liite C2 3 (5)

PVM 290688
TIE 201
ALKU 880202
SUUNTA 1
PINTA 15
NOPEUS 60
TOSA 04

Vahlo/VIT 1988

EPÄTASAISUUSLUKU (CM/KM)

KM	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	KA
0	-	-	275	839	279	256	243	311	250	248	338
1	352	316	375	224	327	251	227	205	189	161	263
2	363	368	180	201	200	182	207	242	222	269	243
3	206	148	122	200	264	250	251	264	194	194	209
4	160	347	329	237	247	238	385	234	297	310	278
5	289	339	291	378	240	274	143	131	161	108	235

KA: 258

1:0 0 2: 90 3 3:140 6 4:180 4 5:200 45

YKSITTÄISEPÄTASAISUUDET:

MATKA (KM) KIIHTYVYYS (M/S 2)

.01	6.3
.02	5.1
.03	4.4
.04	8.9
.05	4.5
.29	7.0
.30	5.1
.32	6.2
.33	4.0
.34	5.1
.35	5.6
.36	5.1
.37	6.5
.38	7.0
.39	5.2
.44	4.5
.75	4.5
.76	4.4
1.05	4.3
1.06	6.5
1.07	4.1
1.19	5.1
1.21	5.7
1.40	6.4
1.41	4.0
2.11	4.2
2.13	4.0
2.70	5.3
3.09	4.0
4.69	8.0
4.70	4.6
4.96	4.2
5.11	7.5

5.12
5.30
5.60

5.8
4.1
4.3

Liite C2 4 (5)

PVM 290688
TIE 201
ALKU 880202
SUUNTA 1
PINTA 15
NOPEUS 60
TOSA 05

Valto/UTT 1988

EPÄTASAISUUSLUKU (CM/KM)

KM	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	KA
0	-	-	148	192	290	168	153	82	145	176	169
1	265	137	117	226	185	162	222	-			
KA:	178										
1:0 0 1			2: 90 2			3:140 6			4:180 2		5:200 4

YKSITTÄISEPÄTASAISUUDET:

MATKA (KM)	KIIHTYVYYS (M/S 2)
.41	4.0
.42	7.5
.94	4.1
1.06	4.2

PVM 280688
TIE 201
ALKU 880202
SUUNTA 2
PINTA 15
NOPEUS 60
TOSA 05

EPÄTASAISUUSLUKU (CM/KM)

KM	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	KA
0	-	195	128	177	157	184	174	258	175	343	199
1	129	164	119	230	193	194	131	-			
KA:	184										
1:0 0			2: 90 4			3:140 5			4:180 4		5:200 3

YKSITTÄISEPÄTASAISUUDET:

MATKA (KM)	KIIHTYVYYS (M/S 2)
.92	7.5
.95	5.3
1.32	7.2

VM 290688
 TIE 201
 ALKU 880202
 SUUNTA 2
 PINTA 15
 NOPEUS 60
 TOSA 04

Uusikaupunki 1988

Liite C2 5 (5)

EPÄTASAISUUSLUKU (CM/KM)

KM	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	KA
0	-	-	173	148	187	432	235	-	-	-	236
1	343	318	204	232	389	273	262	241	252	292	281
2	341	200	283	277	228	226	296	239	209	142	244
3	221	296	396	230	268	151	293	263	268	253	264
4	293	103	207	376	152	268	308	208	197	293	241
5	376	230	261	296	184	296	199	303	248	200	259
6	425										

KA: 259

1:0 0 2: 90 1 3:140 5 4:180 5 5:200 45

KSITTÄISEPÄTASAISUUDET:

MATKA (KM) KIIHTYVYYS (M/S 2)

.51	9.3
.52	16.8
.71	4.7
1.00	4.3
1.18	5.9
1.25	4.5
1.43	9.3
2.03	9.3
2.79	4.5
3.03	5.8
3.04	5.3
3.21	5.1
3.22	4.4
3.25	4.2
3.33	4.8
3.34	5.8
4.07	4.3
4.30	5.3
4.38	5.4
5.00	6.2
5.01	7.2
5.02	6.1
5.04	4.0
5.05	4.1
5.06	5.1
5.72	5.1

Koetie Partala-Ravattila

Tarkastuskäynti: 5.5.1987
L. Forstén

Yleisnäkymä: I ÖS-vaurioita
- suurin osa syntynyt jo v. 1985
ja silloin paikattu
- joitakin uusia reikiä

II Routavaurioita
- painaumia - kohoumia
suhteellisen paljon
- rummut painuneet
- halkeamia
- reunojen halkeilu - kapea luiska

III Vain muutama kantavuus pulma
- emulsio-osuudella pieni märkä
paikka

Paalu	Kone	Paksuus	Osuus	Materiaali	Vauriot	Vaur/km
0 + 50-- 4 + 80	Bomag	20	4	VB 120 2,3	2 painumaa	4,65
4 + 80- 10 + 50	Bomag	10	3	VB 120 2,0	3 painumaa	5,26
10 + 50- 16 + 00	Neste	10	1	BEKO 2,1	3 painumaa	5,45
16 + 00- 21 + 80	Neste	10	2	BEKO 4,3	3 painumaa 1 halk.	6,90
21 + 80- 23 + 80	As. sek.	10	6	VB 300 5,3	-	0
23 + 80- 29 + 60	Ei stab.	-	-	-	2 painumaa	3,45
29 + 60- 31 + 50	As. sek.	10	6	VB 300 3,6	2 painumaa	10,53
31 + 50- 32 + 20	As. sek. ilman ÖS	10	6	VB 300 3,6	2 painumaa	28,6
32 + 20- 47 + 40	As. sek.	10	6	VB 300 3,6	7 painumaa 4 halk. (reuna)	7,23
47 + 40- 50 + 20	Bomag	10	3	VB 120 2,0	-	0
50 + 20- 54 + 15	Ei stab.	-	-	-	1 painuma	2,53
54 + 15- 65 + 00	Bomag	10	5	VB 800 3,0	2 painumaa 6 halk.	7,37

- Vauriot pääosin "vanhojen" vaurioiden paikoilla - pätee painumille hyvin.
Muutama halkeama uusilla paikoilla.
Suurin osa vanhoista vaurioista parantunut.

- Paljas VB-osuus kulunut. Kiviä (isoja) irttaa
- isot kivet irti.

"Mastiksi" asfaltin mastiksiosan näköinen.

KANTAVUUS

Koeteiden kantavuutta on mitattu Benkelman-palkilla ja vasta vuonna 1988 pudotuspainolaitteilla. Mittaukset on suorittanut TVL:n piirit ja Oulun yliopisto (pudotuspainolaite).

Kultakin koeosuudelta on esitetty ensin kaikki saadut kantavuustulokset numeroina koeosuksittain. Näistä on laskettu keskiarvo ja määritetty ns. valta-arvo, mode. Valta-arvo on yleisimmin esiintyvä luku.

Kuvat on piirretty koeosuksittain. Niissä esitetään lähtökantavuus ennen toimenpidettä sekä nauha- että pylväsdiagrammeina. Toimenpiteen jälkeisten kantavuusmittausten valta-arvo on esittämässä kantavuuden muutosta toimenpiteen vaikutuksesta paaluittain.

STOR MÄLÖ KANTAVUUS

KOE 1: BS 25/150 B-80 3,8%

PAALU	ENNEN KESÄK.85	JÄLKEEN ELOK.85	HEINÄK.86	HEINÄK 10.7.87	TUOKOK198 11.5.88
é0+50	30	74	40	64	127
é1+00	39	94	60	92	110
é1+50	15	63	27	52	100
é2+00	36	91	63	111	94
é2+50	30	137	113	131	356
é3+00	31	63	53	135	129
é3+50	61	176	94	127	83
é4+00	74	163	119	286	115
é4+50	75	209	151	157	180

KOE 2: VBST 25/250 B-300 4,é4%

é5+50	166	370	320	320	250
,6+00	209	225	258	500	327
,6+50	125	308	154	186	299
,7+00	420	420	800	800	425
,7+50	360	287	250	275	297
,8+00	176	169	258	250	217
,8+50	31	90	118	111	125
,9+00	42	91	79	105	138
,9+50	108	176	131	136	130

KOE 3: VBST 25/250 B-300 3,2%

,10+50	214	249	182	235	213
,11+00	345	265	296	320	411
,11+50	172	139	123	200	214
,12+00	59	133	160	170	202
,12+50	68	298	133	115	237
,13+00	360	330	471	666	371
,13+50	123	308	229	210	207
,14+00	47	80	96	114	114
,14+50	161	241	205	285	535

KOE 4: VBST 250/RC 100 B-80 2.8+1.2%

,15+00	27	75	108	114	131
,15+50	33	59	49	49	75
,16+00	49	97	93	67	80
,16+50	50	74	70	71	96
,17+00	276	298	216	190	218
,17+50	44	58	72	92	84
,18+00	79	97	104	99	240
,18+50	170	390	421	307	112
,19+00	58	101	93	100	130
,19+50	87	127	118	96	92

KOE 5: VBST 250/RC 100 B-300 3.1+1.2%

Liite D1 2 (2)

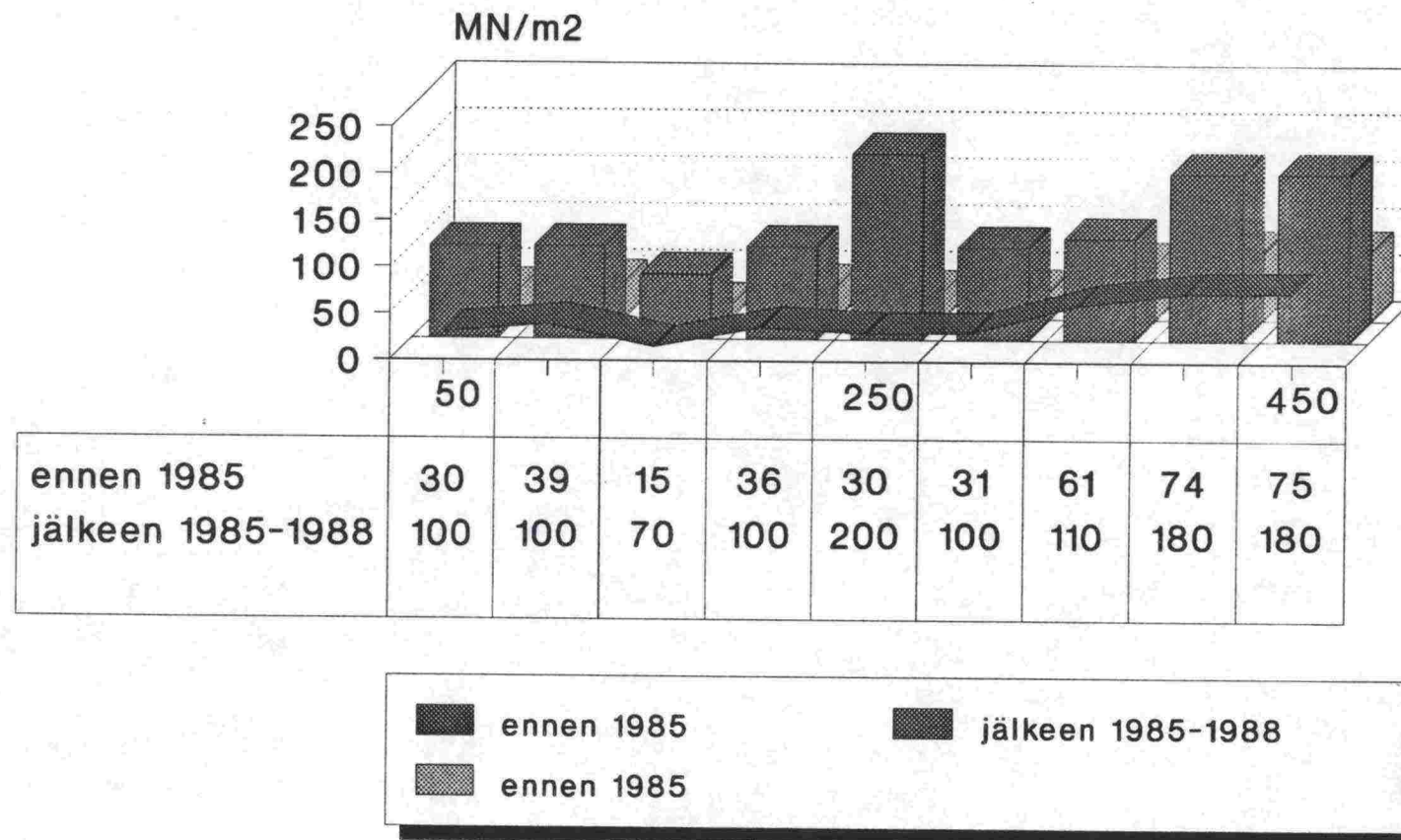
,20+50	276	330	333	421	130
,21+00	95	59	98	170	157
,21+50	63	25	76	52	76
,22+00	58	51	45	50	93
,22+50	219	169	170	150	107
,23+00	97	64	94	90	143
,23+50	298	193	229	333	330
,24+00	500	308	381	347	375
,24+50	420	560	533	1142	338

KOE 6: VBST 25/250 B-80 4.05%

,25+50	370	440	320	470	463
,26+00	345	320	348	400	293
,26+50	298	360	286	276	288
,27+00	249	265	667	320	184
,27+50	257	92	222	228	221
,28+00	257	114	147	200	134
,28+50	67	18	77	78	151
,29+00	118	55	100	121	157
,29+50	127	39	96	167	153
,30+00	185	88	127	182	174
,30+50	108	184	140	109	195
,31+00	189	249	296	216	238
,31+50	420	1000	421	727	324
,32+00	220	241	182	347	223
,32+50	98	276	154	381	164
,33+00	44	825	84	81	136
,33+50	125	203	138	140	208
,34+00	163	370	174	235	335
,34+50	298	225	229	800	234
,35+00	440	370	364	1000	362
,35+50	193	328	200	250	231
,36+00	276	194	288	381	
,36+50	193	360	211	444	245
,37+00	160	265	163	222	212
,37+50	249	345	229	258	302
,38+00	440	330	286	296	427
,38+50	360	700	1143	1600	302
,39+00	141	166	200	400	143
,39+50	54	154	79	153	129
,40+00	111	176	131	160	126

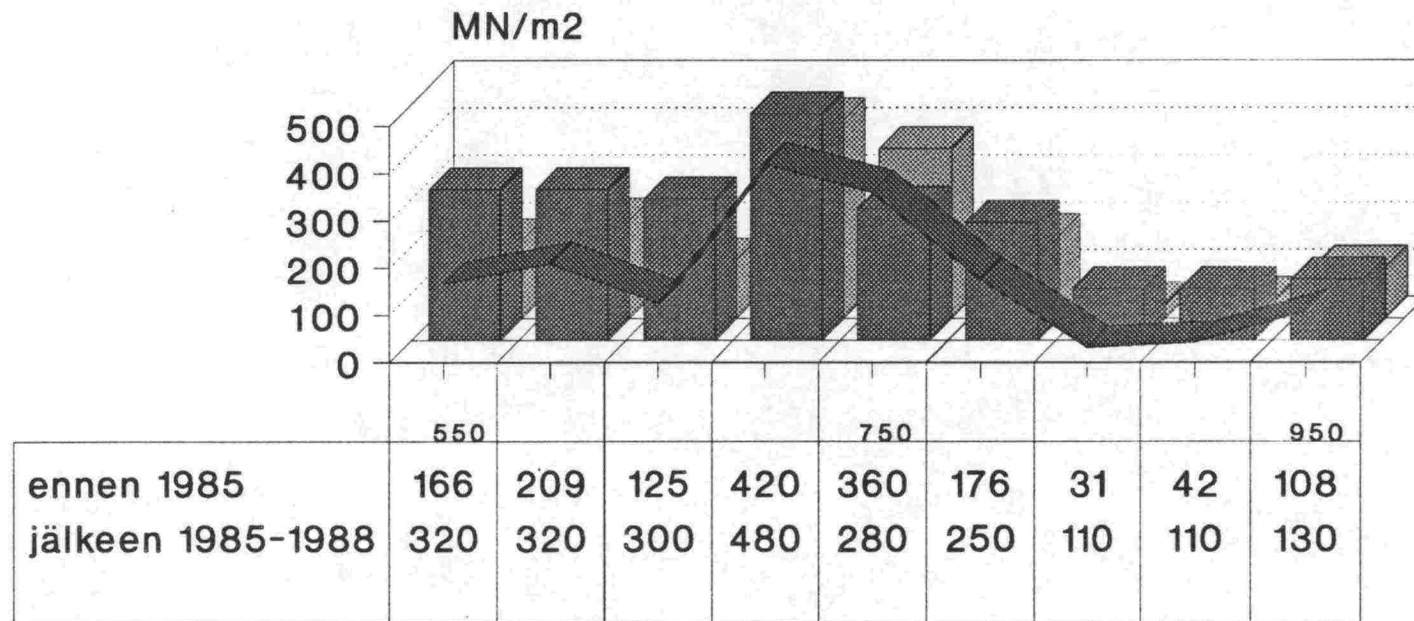
Kantavuus Ennen/Jälkeen

Stor Mälö BS 25/150 B-80 3.8



Kantavuus Ennen/Jälkeen

Stor Mälö VBST 25/250 B-300



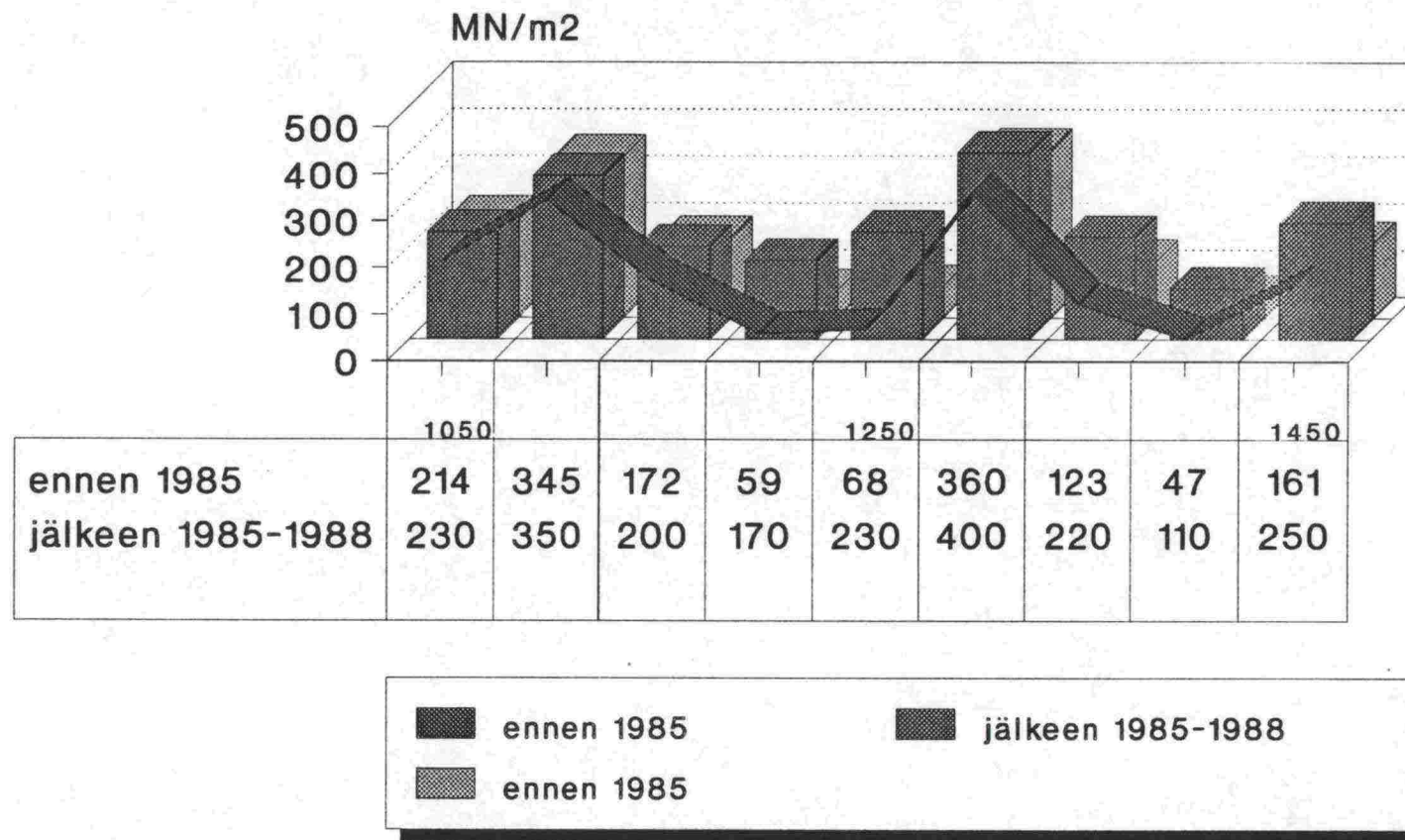
ennen 1985

jälkeen 1985-1988

ennen 1985

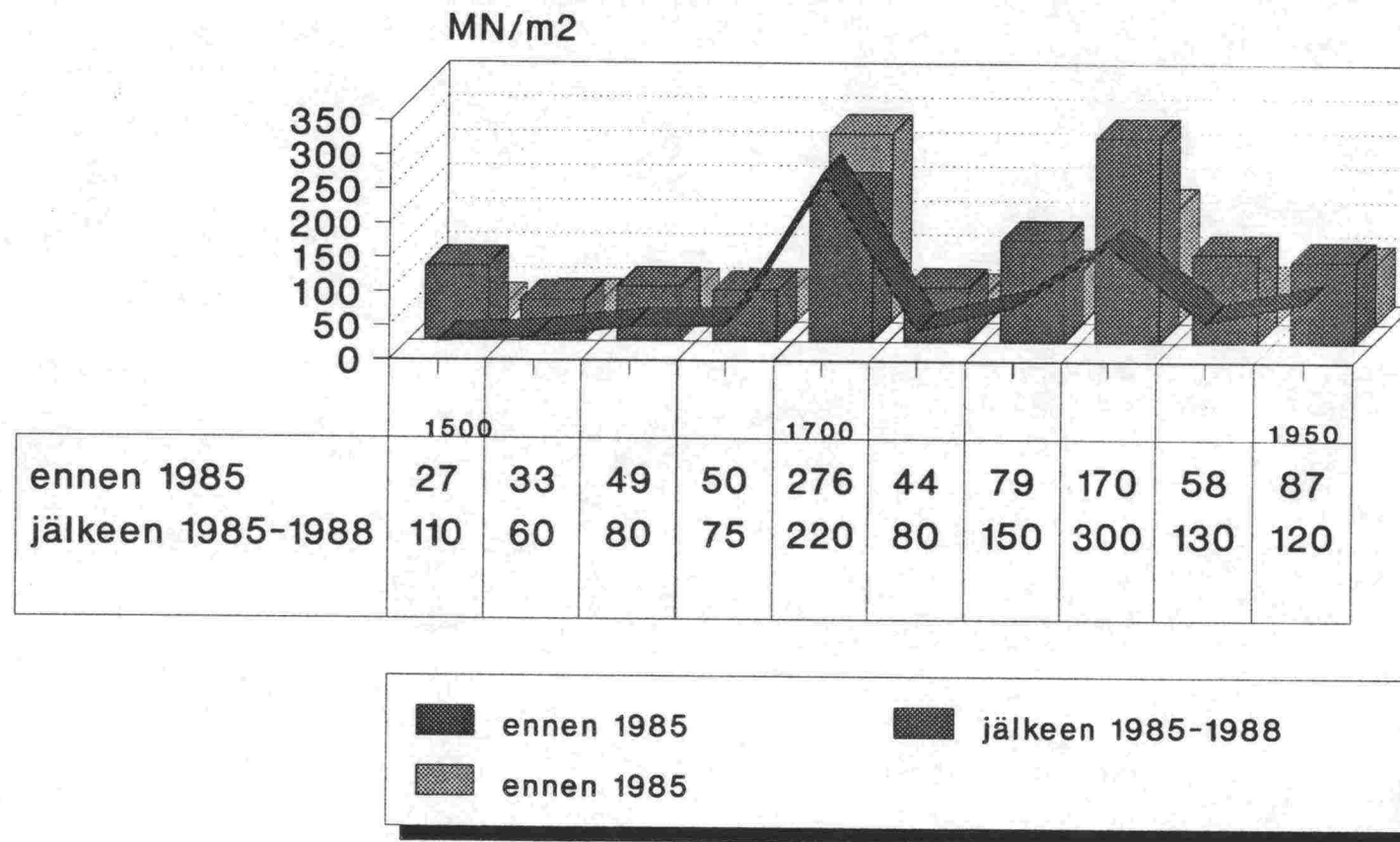
Kantavuus Ennen/Jälkeen

Stor Mälö VBST 25/250 B-300

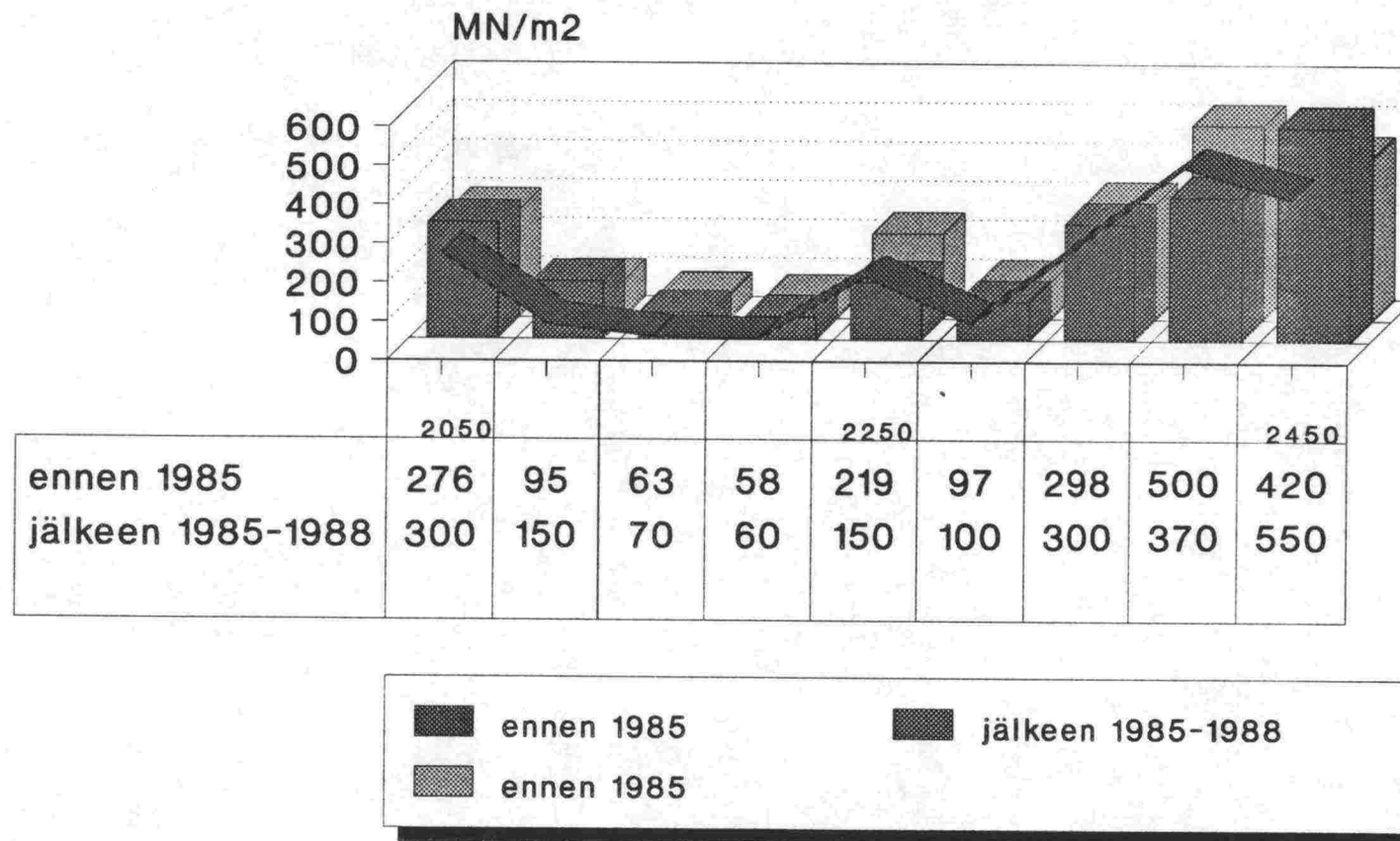


Kantavuus Ennen/Jälkeen

Stor Mälö VBST 250/RC B-80

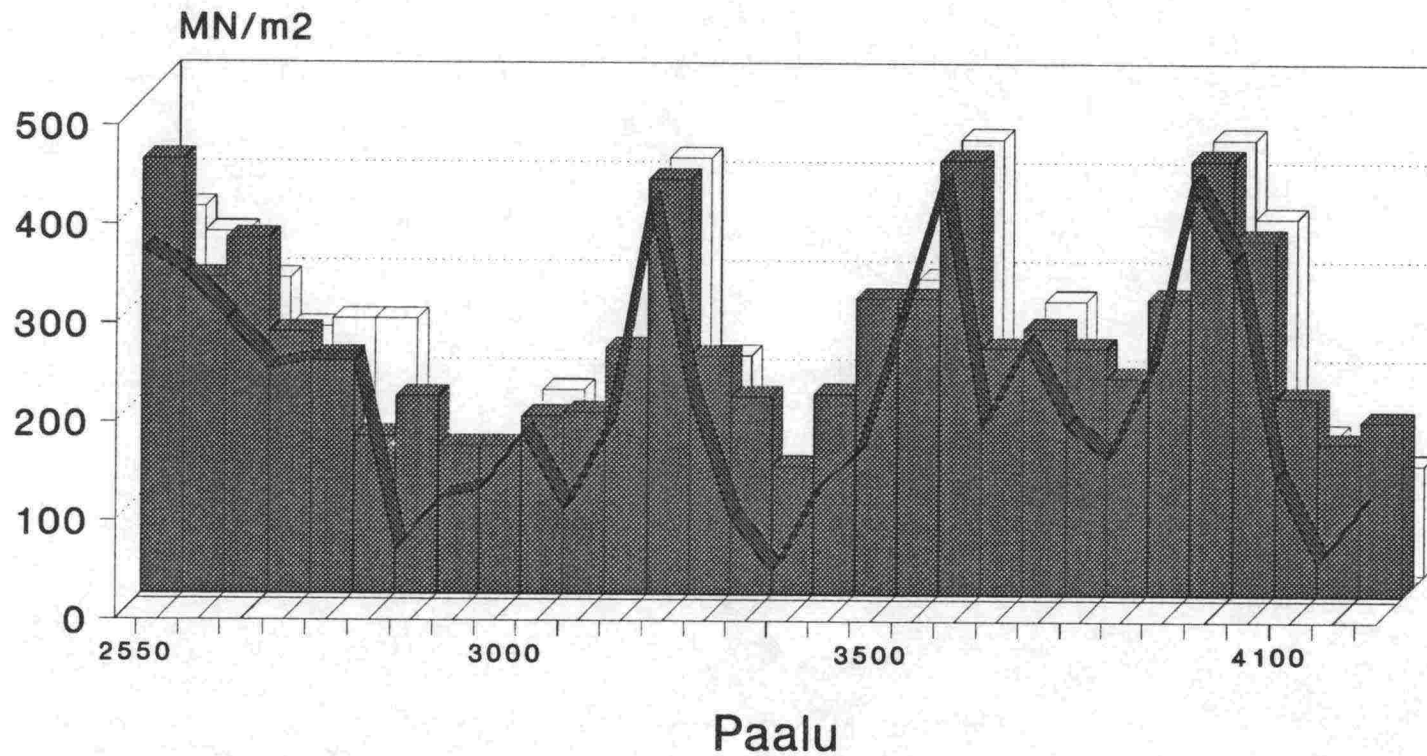


Kantavuus Ennen/Jälkeen Stor Mälö VBST 25/250/RC



Kantavuus Ennen/Jälkeen

StorMälö VBST 25/250+SIP



KOEOSUUS 6 B-80, 3.1 %

KOE 7 VB-AB 25/250+SIP 7.1985 B-80 3.1%

PAALU	ENNEN JÄLKEEN		Aug-85	Jul-86	Jul-87	May-88	Aug-88	AVG	MODE	
	Jun-85	Jul-85								
50	218	233	320	426	471	576	347	396	350	
100	186	225	298	308	242	410	438	320	300	
150	471	345	470	421	444	436	348	411	400	
200	205	345	345	286	400	313	365	342	350	
250	242	345	330	333	307	629	387	389	330	
300	167	214	320	286	320	259	314	286	300	
350	381	390	420	364	333	231	443	364	350	
400	400	420	440	421	333	364	400	396	400	
450	258	241	320	242	195	375	265	273	250	
500	276	265	420	444	276	421	437	377	380	
550	333	330	345	421	347	347	610	400	350	
600	258	330	320	286	363	346	557	367	330	
650	889	345	600	421	421	304	478	428	380	
700	113	146	214	170	186	328	374	236	220	
750	91	114	137	111	109	326	223	170	150	
800	143	214	249	229	210	174	205	214	220	
850	113	97	176	119	163	178	198	155	150	
900	41	86	124	110	117	153	183	129	120	
950	94	141	203	167	275	158	212	193	180	
1000	186	226	345	364	307	182	220	274	300	
1050	42	72	103	80	78	164	228	121	100	
1100	195	220	308	222	228	158	192	221	220	
1150	127	198	233	276	266	171	194	223	200	
1200					190	234	283	236	230	
1250					228	145	321	231	200	
1300					190	344	442	325	300	
1350					200	214	272	229	220	
1400					250	233	293	259	250	
1450					177	220	335	244	200	
1500	195	257	320	190	216	256	302	257	250	
1550	94	90	118	66	129	247	257	151	120	
1600	62	111	127	118	210	183	226	163	150	
1650	209	170	160	166	133	189	158	163	180	
1700	49	90	101	110	108	161	183	126	110	
1750	163	154	298	154	250	114	255	204	200	

KOE 8 VB-AB 25/250+SIP 7.1985 B-80 3.6%

PAALU	ENNEN JÄLKEEN		Aug-85	Jul-86	Jul-87	May-88	Aug-88	AVG	MODE	
	Jun-85	Jul-85								
2050					181	119	113	138	120	
2100					81	133	170	128	130	
2150					186	79	130	132	130	
2200					195	152	195	136	190	
2250					142	94	161	132	140	
2300					121	172	201	165	150	
2350					177	127	116	140	120	
2400					129	169	192	163	160	

KOE 13 BS 25/250 B-80 3.8%

ENNEN JÄLKEEN

PAALU	Jun-85	Jul-85	Aug-85	Jul-86	Jul-87	May-88	Aug-88	AVG	MODE
100						298	353	326	300
150						218	310	264	250
200						115	171	143	140
250						150	226	188	170
300						392	510	451	400
350						191	275	233	220
400						171	215	193	200
450						251	334	293	280
500						202	276	239	240
550						206	306	256	250
600						144	190	167	170
650						142	188	165	160

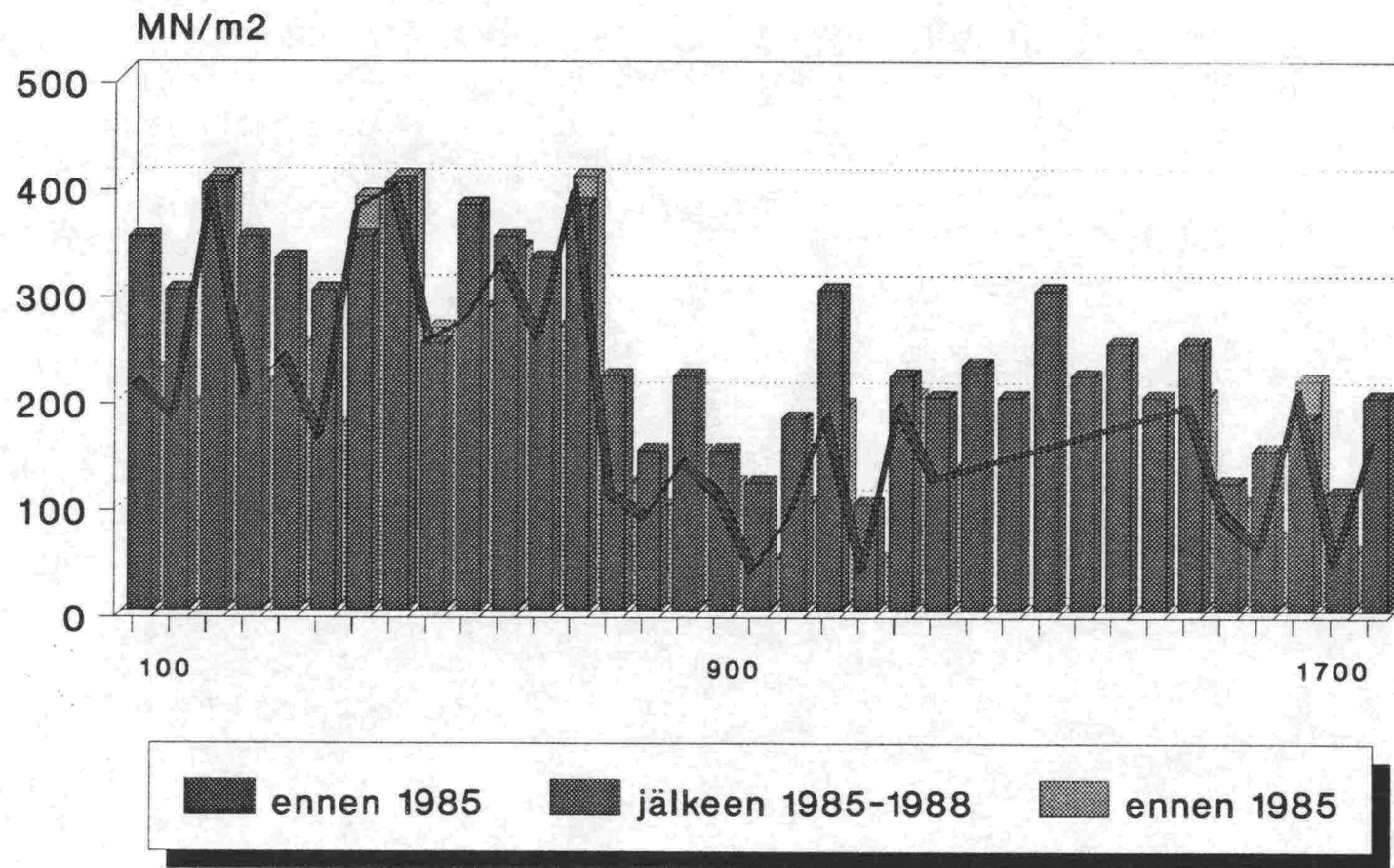
KOE 14 BS 25/150 B-80 3.8%

ENNEN JÄLKEEN

PAALU	Jun-85	Jul-85	Aug-85	Jul-86	Jul-87	May-88	Aug-88	AVG	MODE
1100						128	164	146	150
1150						137	164	151	150
1200						171	204	188	180
1250						115		115	120
1300						277		277	280
1350						246		246	250
1400						284		284	280
1450						263		263	260
1500						404		404	400
1550						210		210	210
1600						200		200	200
1650						196		196	200
1700						192		192	190
1750						225		225	220
1800						276		276	270

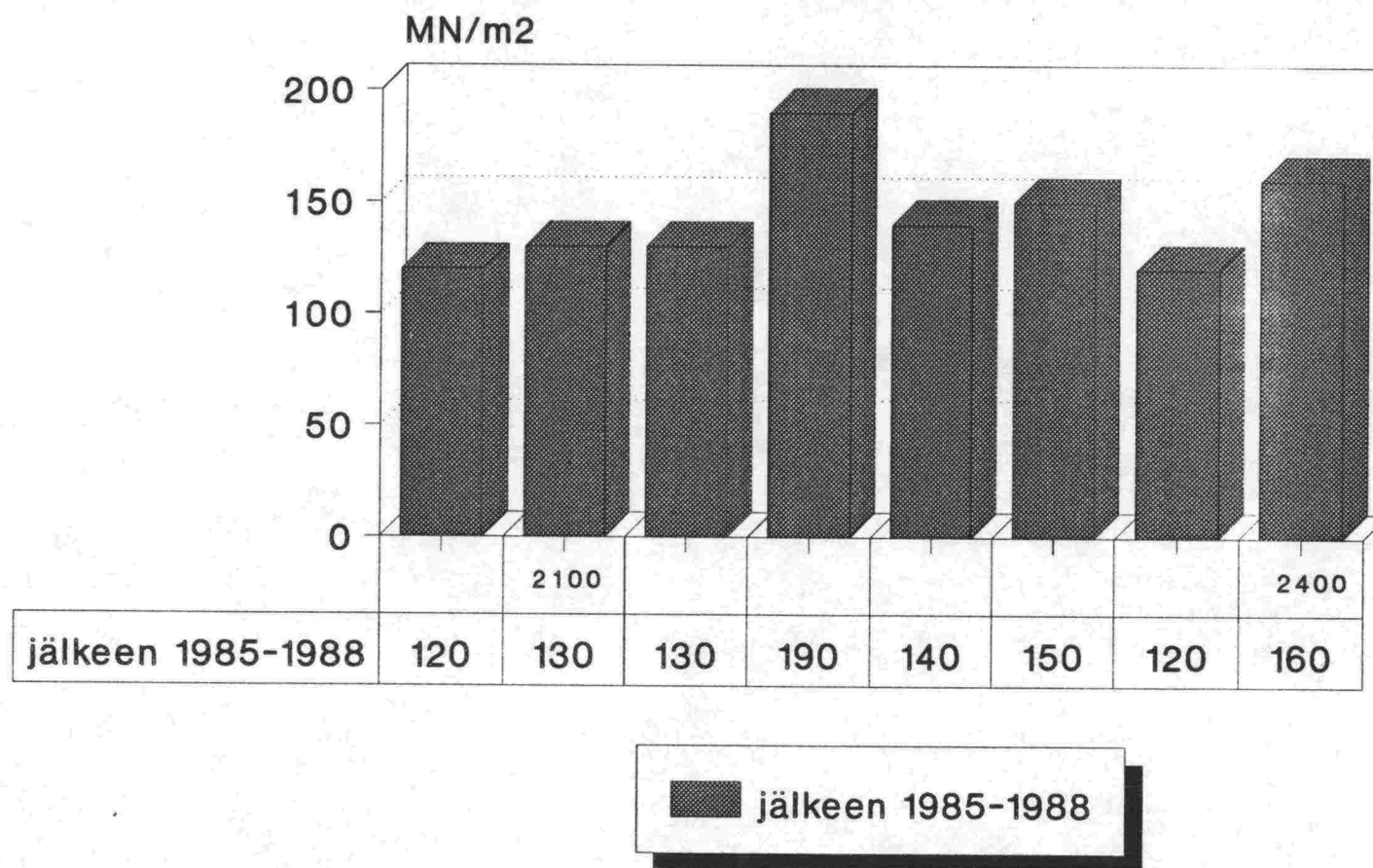
Kantavuus Ennen/Jälkeen

VAAHTO VB-AB 25/250+SIP

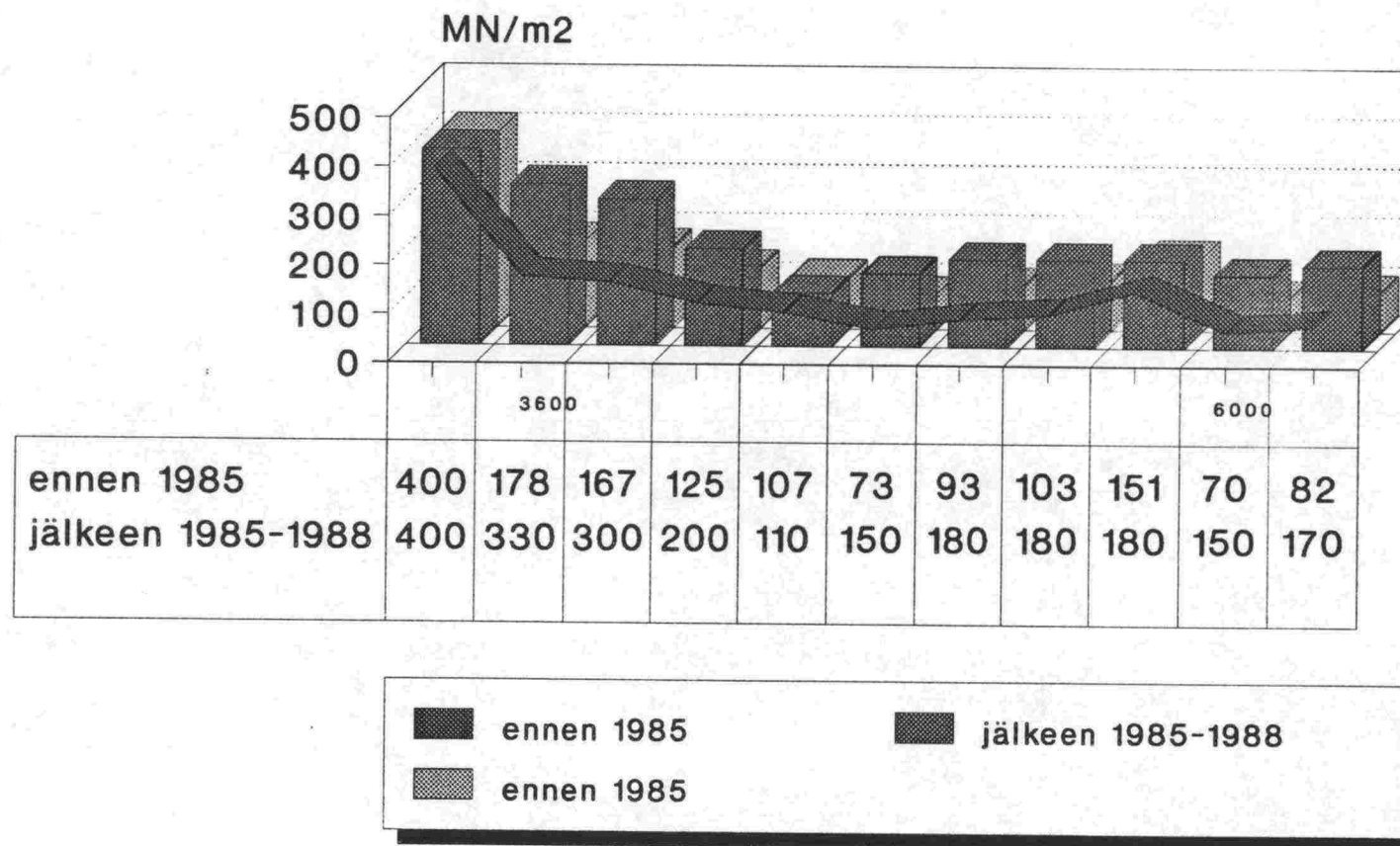


Kantavuus Ennen/Jälkeen

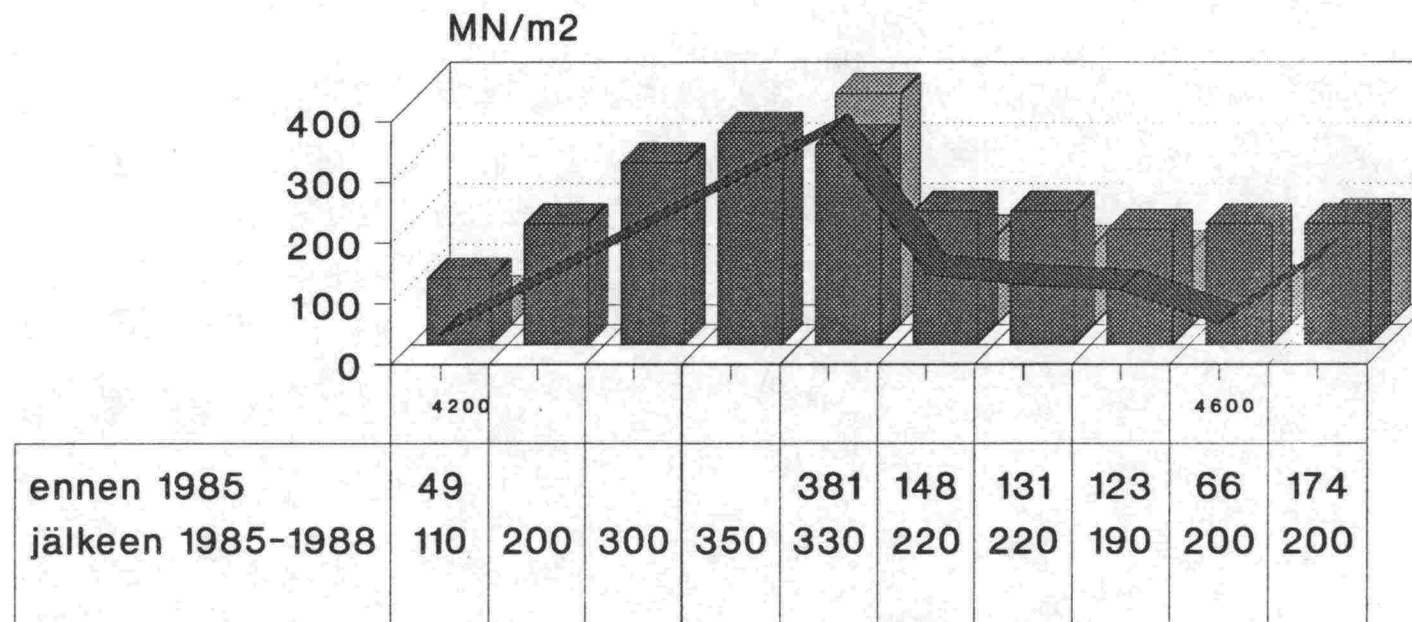
VAAHTO VB-AB 25/250+SIP



Kantavuus Ennen/Jälkeen VAAHTO Mälö EAB 25/250+SIP

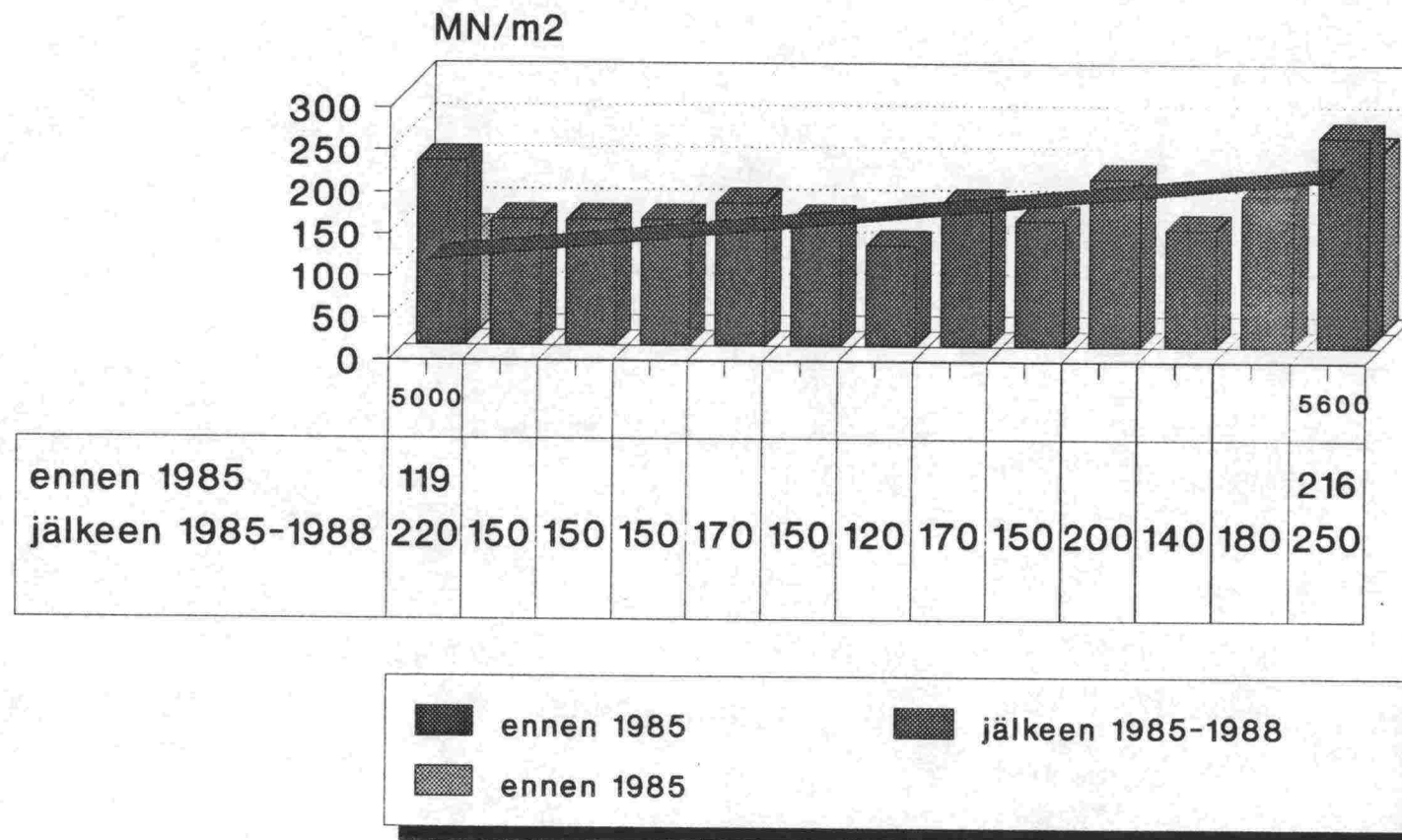


Kantavuus Ennen/Jälkeen VAAHTO EAB 25/250+SIP

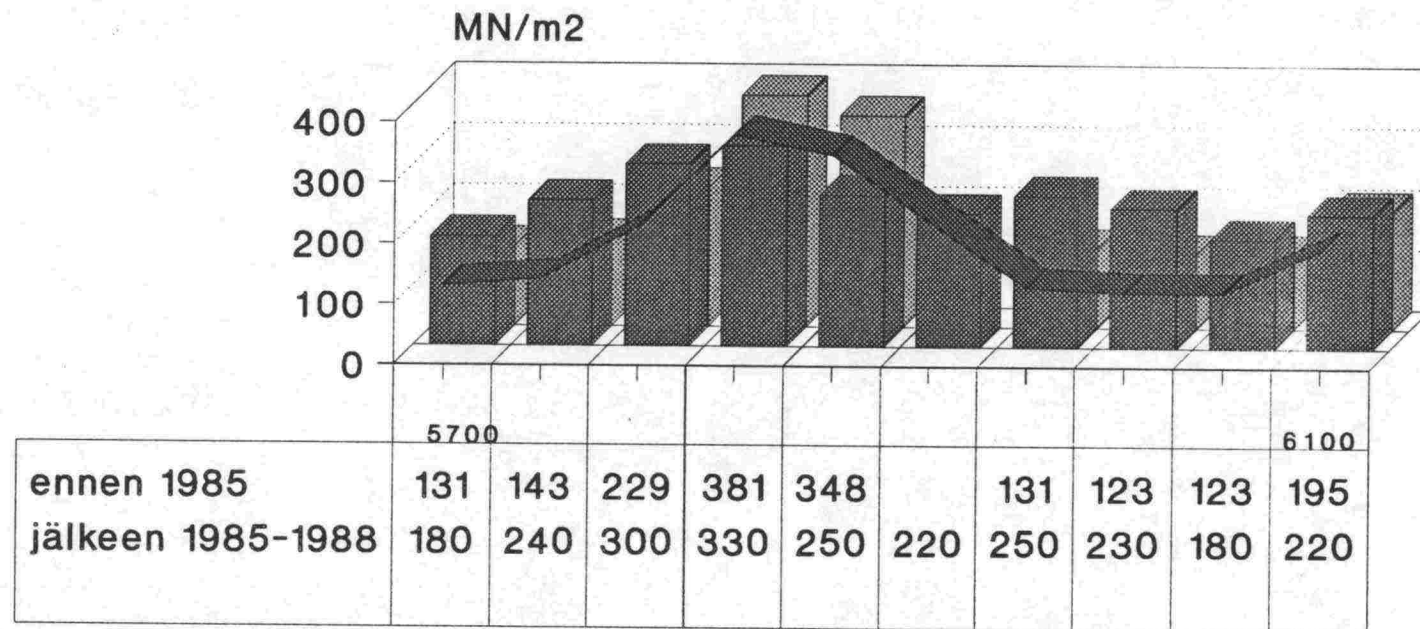


ennen 1985
 jälkeen 1985-1988
 ennen 1985

Kantavuus Ennen/Jälkeen VAAHTO EAB 25/250+SIP



Kantavuus Ennen/Jälkeen VAAHTO EAB 25/250+SIP

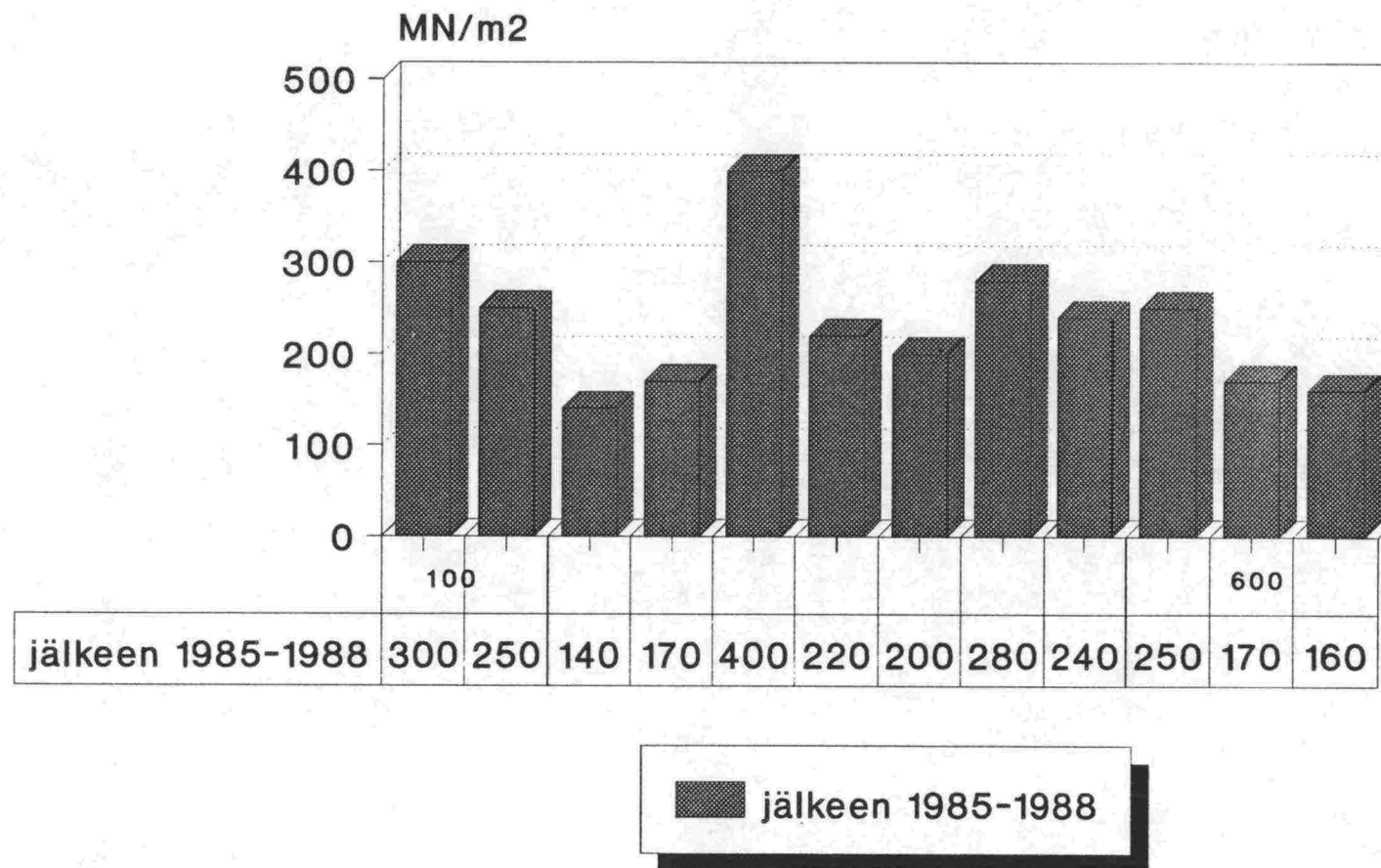


ennen 1985
ennen 1985

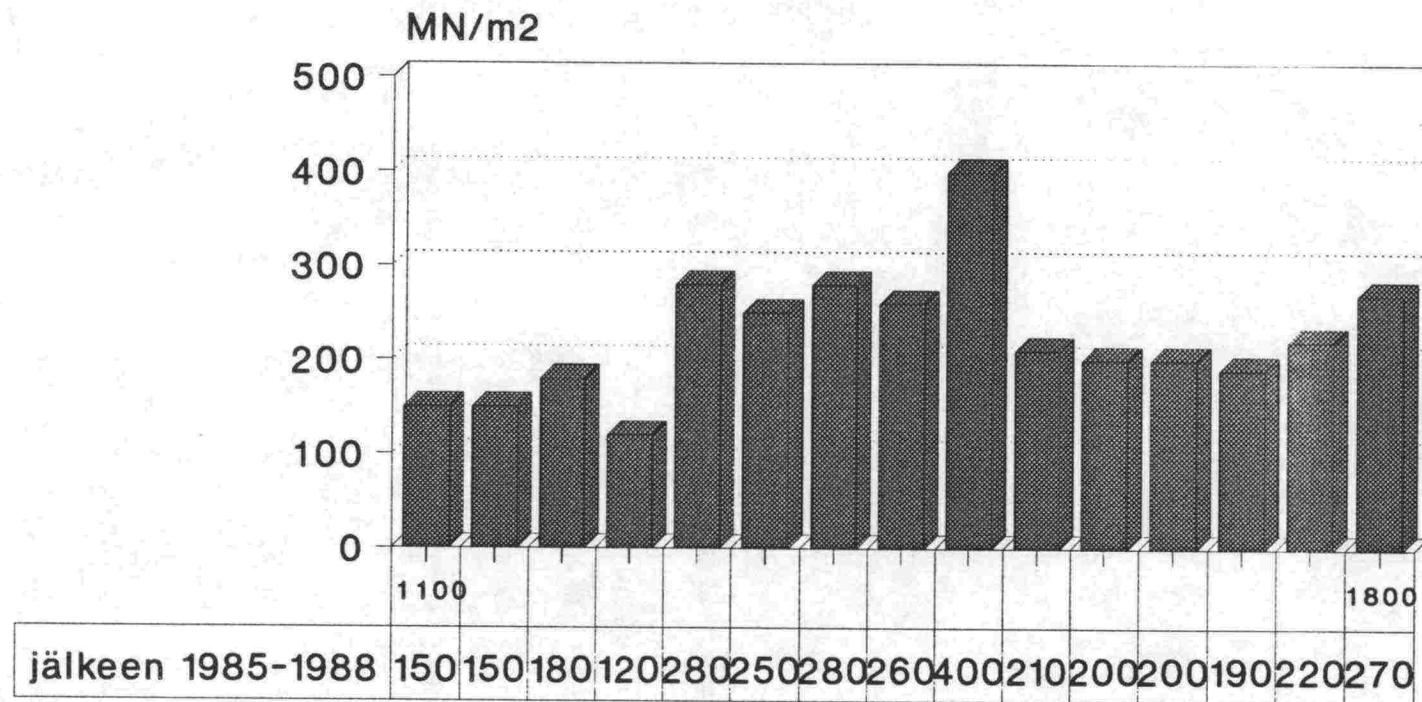
jälkeen 1985-1988

Kantavuus Ennen/Jälkeen

VAAHTO BS 25/250 B-80



Kantavuus Ennen/Jälkeen VAAHTO BS 25/150 B-80



■ jälkeen 1985-1988

Kantavuusmittaustulokset Partala-Ravattila
Bitumistabilointi

KOEOSUUS 18. VBST 32/500, B-120 2.3%

PAALU	ENNEN		JÄLKEEN		Oct-86	May-87	Jul-87	May-88	Jul-88	MODE	AVG
	Jul-86	Sep-86	Oct-86	May-87							
50	211	114	178	123	190	155	214	180	169		
100	250	266	195	365	310	216	261	260	266		
150	154	133	87	167	154	161	205	150	152		
200	136	102	103	92	167	86	158	120	121		
250	182	190	127	160	200	186	187	180	176		
300	222	128	133	211	200	226	231	200	193		
350	190	151	182	200	154	203	203	200	183		
400	235	235	216	235	250	267	257	240	242		
450	119	140	216	101	154	63	229	140	146		

KOEOSUUS 17. VBST 32/100, B-120 2.0 %

	ENNEN		JÄLKEEN		Oct-86	May-87	Jul-87	May-88	Jul-88	MODE	AVG
	Jul-86	Sep-86	Oct-86	May-87							
500	285	250	400	211	222	248	354	250	281		
550	211	182	133	200	200	223	260	200	201		
600	160	145	78	113	167	190	285	160	163		
650	266	182	160	190	190	219	250	200	208		
700	190	154	157	190	211	189	262	190	193		
750	222	182	178	266	222	203	268	220	220		
800	174	235	148	118	174	60	225	170	162		
850	190	365	258	200	190	249	251	220	243		
900	182	167	167	154	160	113	159	160	157		
950	133	121	182	113	154	149	189	150	149		
1000	178	140	127	143	182	157	182	160	158		
1050	121		167	154	140	132	162	150	146		

KOEOSUUS 15. BEST 32/100, BIE-KO 2.9% (2.1%)

	ENNEN		JÄLKEEN		Oct-86	May-87	Jul-87	May-88	Jul-88	MODE	AVG
	Jul-86	Sep-86	Oct-86	May-87							
1100	222	157	190	154	445	359	398	250	275		
1150	119	110	140	160	182	141	245	150	157		
1200	182	174	133	190	190	159	216	190	178		
1250	121	87	99	74	174	81	184	120	117		
1300	129	123	107	98	151	90	193	120	127		
1350	235	111	178	138	190	211	154	150	174		
1400	154	174	570	167	365	218	439	200	298		
1450	222	205	229	222	190	218	249	220	219		
1500	157	160	285	200	250	216	448	220	245		
1550	71	84	74	125	96	114	104	100	95		
1600	73	68	216	96	138	154	201	130	135		

KOEOSUUS 16. BEST 32/100, BIE-KO 6.0% (4.3 %)

	ENNEN		JÄLKEEN		Oct-86	May-87	Jul-87	May-88	Jul-88	MODE	AVG
	Jul-86	Sep-86	Oct-86	May-87							
1650	200	174	121	167	190	232	130	190	173		
1700	95	113	123	174	123	151	148	120	132		
1750	174	182	190	129	154	159	515	160	215		
1800	73	103	116	114	121	117	146	120	113		
1850	89	76	90	86	100	107	153	100	100		
1900	93	116	157	107	125	162	210	140	139		
1950	190	127	101	160	154	170	198	150	157		
2000	88	148	131	98	143	128	167	130	129		
2050	138	160	154	154	182	150	176	150	159		
2100	160	100	195	160	110	187	209	160	160		
2150	88	148	148	136	129	125	167	130	134		

2200	133	235	470	190	190	194	221	190	233
2250	82	105	101	160	123	86	120	120	111
2300	101	190	143	200	167	169	192	160	166
2350	111	160	114	136	190	163	201	150	154
2400	154	170	148	131	174	132	177	170	155
2450	160	154	195	154	190	166	217	170	177
2500	190	222	195	222	400	214	219	200	237
2550	174	170	119	182	190	201	176	170	173
2600	235	235	182	222	250	198	225	230	221
2650	190	182	178	182	200	200	222	200	193
2700	250	266	235	235	182	226	273	250	238
2750	266	250	157	211	266	158	198	240	215
2800	365	266	275	250	285	301	356	300	300
2850	250	222	205	200	266	251	257	250	236
2900	154	178	129	94	119	86	248	150	144
2950	125	136	114	182	160	98	209	150	146

KOEOSUUS 20. VBST 32/150, B-800

	ENNEN	JÄLKEEN							
3000	136	110	99	92	154	107	158	130	122
3050	100	211	211	182	190	206	288	200	198
3100	94	123		100	143	136	223	130	137
3150	87		136	119	148	166	202	150	143
3200	129	136	143	78	250	89	217	150	149
3250	266	160	205	182	200	211	230	200	208
3300	400	200	235	235	400	185	290	290	278
3350	445	445	1000	445	500	385	442	400	523
3400	136	145	229	160	250	207	181	160	187
3450	154	182	200	211	160	293	191	190	199
3500	119	174	200	211	174	154	196	180	175
3550	86	123	125	167	121	137	157	130	131
3600	111	129	143	111	167	132	172	140	138
3650	129	111	211	154	182	129	198	150	159
3700	190	186	310	222	235	295	311	220	250

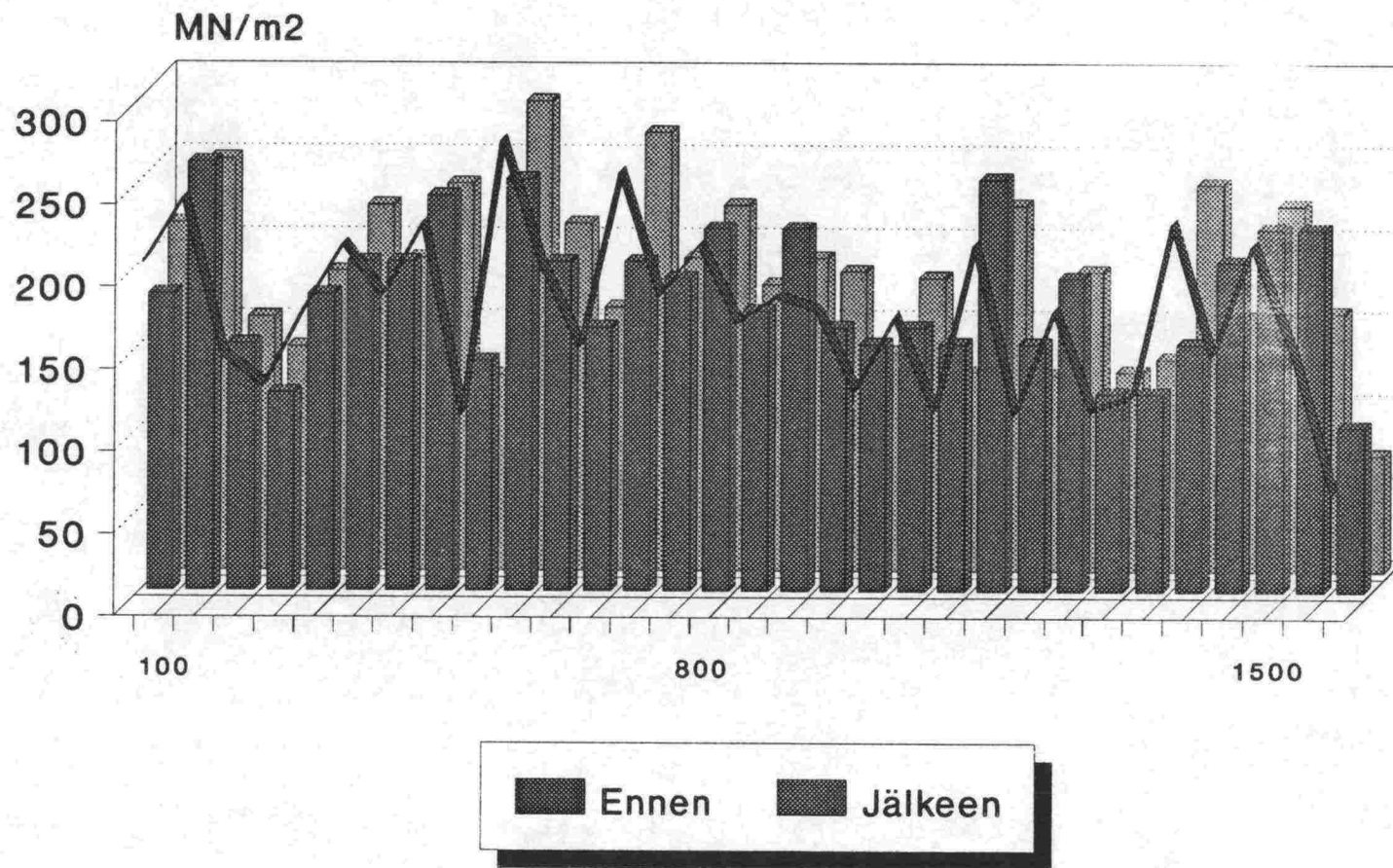
3750	100	148	116	114	104	108	116	110	115
3800	76	119	95	76	250	95	137	90	121
3850	71	91	85	87	114	126	115	100	98
3900	96	127	129	129	154	87	211	120	133
3950	211	154	170	133	250	74	214	170	172
4000	100	114	127	68	235	61	127	120	119
4050	148	127	138	138	160	176	165	150	150
4100	38	74	121	81	77	114	102	100	87
4150	71	105		131	100	124	143	110	112
4200	56		74	129	96	130	125	100	102
4250	71	140	103	160	95	150	126	140	121
4300	94	111	123	140	94	137	143	120	120
4350	160	148	195	160	167	176	192	160	171
4400	133	148	222	116	160	160	199	150	163
4450	129	182	170	154	154	150	185	160	161
4500	104	110	123	114	108	110	156	120	118
4550	114	91	99	127	143	152	169	120	128
4600	121	96	105	96	182	155	173	130	133
4650	94	143	160	131	127	144	172	140	139
4700	121	133	140	113	129	150	169	130	136
4750	190	125	174	154	154	164	233	160	171
4800	125	133	83	80	104	77	150	120	107
4850	100	211	182	114	167	121	209	150	158
4900	94	111	96	94	114	108	131	100	107
4950	154	151	182	143	174	115	180	150	157
5000	107	113	125	125	110	111	146	120	120
5050	211	111	186	167	174	184	256	170	184
5100	190	182	174	160	190	207	211	190	188
5150	148	140	95	154	160	122	182	140	143
5200	119	119		110	140	92	159	130	123
5250	143		136	136	154	80	160	140	135
5300	182	174	174	154	154	133	182	160	165
5350	82	82	95	82	100	103	107	90	93
5400	190	195	116	98	110	144	150	150	143

	ENNEN	JÄLKEEN							
5450	60	63	64	82	78	110	98	80	79
5500	35	41	41	53	84	70	103	70	61
5550	108	59	105	113	79	152	202	110	111
5600	96	71	88	67	81	90	102	90	85
5650	49	76	80	111	94	120	94	90	89
5700	52	80	80	91	72	70	96	80	77
5750	148	138	160	131	133	139	173	150	146
5800	143	182	136	148	129	186	171	150	156
5850	140	143	157	133	190	163	170	160	157
5900	88	121	123	104	127	146	166	120	125
5950	154	129	103	96	111	82	184	120	123
6000	127	96	94	70	107	92	134	100	103
6050	76	108	140	116	125	87	166	110	117
6100	50	71	54	53	71	69	95	70	66
6150	73	78	83	64	83	48	102	80	76
6200	73	58	52	52	68	63	76	60	63
6250	88	105	143	91	160	172	178	120	134
6300	100		92	74	129	74	127	100	99
6350	92	92	85	61	114	107	118	90	96
6400	73	80	98	58	34	66	143	80	79
6450	98	101	100	82	100	94	120	100	99
6500	182	160	157	148	190	152	236	170	175

6550	182	160	127	190	150	189	177	180	168
6600	143	182	116	140	167	176	196	150	160
6650	148	190	140	190	235	231	244	200	197
6700	131	107	138	148	138	153	182	140	142
6750	148	182	74	98	167	103	149	120	132
6800	110	160	140	154	138	96	146	150	135
6850	148	174	174	160	190	145	196	170	170
6900	154	182	145	211	174	181	181	180	175
6950	96	108	98	113	151	116	148	120	119
7000	160	154	163	182	182	157	205	180	172
7050	138	123	121	119	151	118	163	130	133
7100	125	148	167	182	154	106	209	150	156
7150	160	182	154	148	160	168	204	160	168
7200	110	136	121	131	136	112	160	130	129
7250	182	167	131	174	182	149	199	180	169
7300	190	148	174	154	154	192	217	170	176
7350	182		148	182	167	176	198	180	176
7400	125	143	145	154	133	159	152	140	144
7450	182	157	160	111	174	146	202	170	162
7500	129	154	138	131	182	113	155	130	143
7550	143	167	119	119	133	130	194	150	144
7600	154	160	138	140	190	183	198	160	166
7650	99	123	111	71	129	94	135	110	109
7700	98	110	119	143	133	91	164	120	123
7750	111	108	125	110	111	90	149	110	115
7800	148	160	145	136	154	137	172	150	150
7850	211	170	138	143	211	189	256	170	188
7900	200	211	250	200	235	200	205	200	214
7950	154	154	136	154	211	107	212	150	161
8000	211	178	174	167	154	226	225	200	191
8050	200	211	138	131	154	107	217	170	165
8100	88	101	70	52	78	66	113	80	81
8150	154	125	88	104	114	119	150	120	122
8200	80	71	67	133	113	91	150	100	101
8250	138	110		113	125	145	167	140	133
8300	125	108	105	39	110	95	139	100	103
8350	133	160	76	127	123	152	164	150	134
8400	65		50	96	67	36	97	60	69
8450	154	105	154	154	107	150	197	150	146
8500	182	182	136	160	154	147	161	160	160
8550	160	127	160	101	136	143	177	150	143
8600	111	235	148	97	157	173	226	150	164

Kantavuus Ennen/Jälkeen

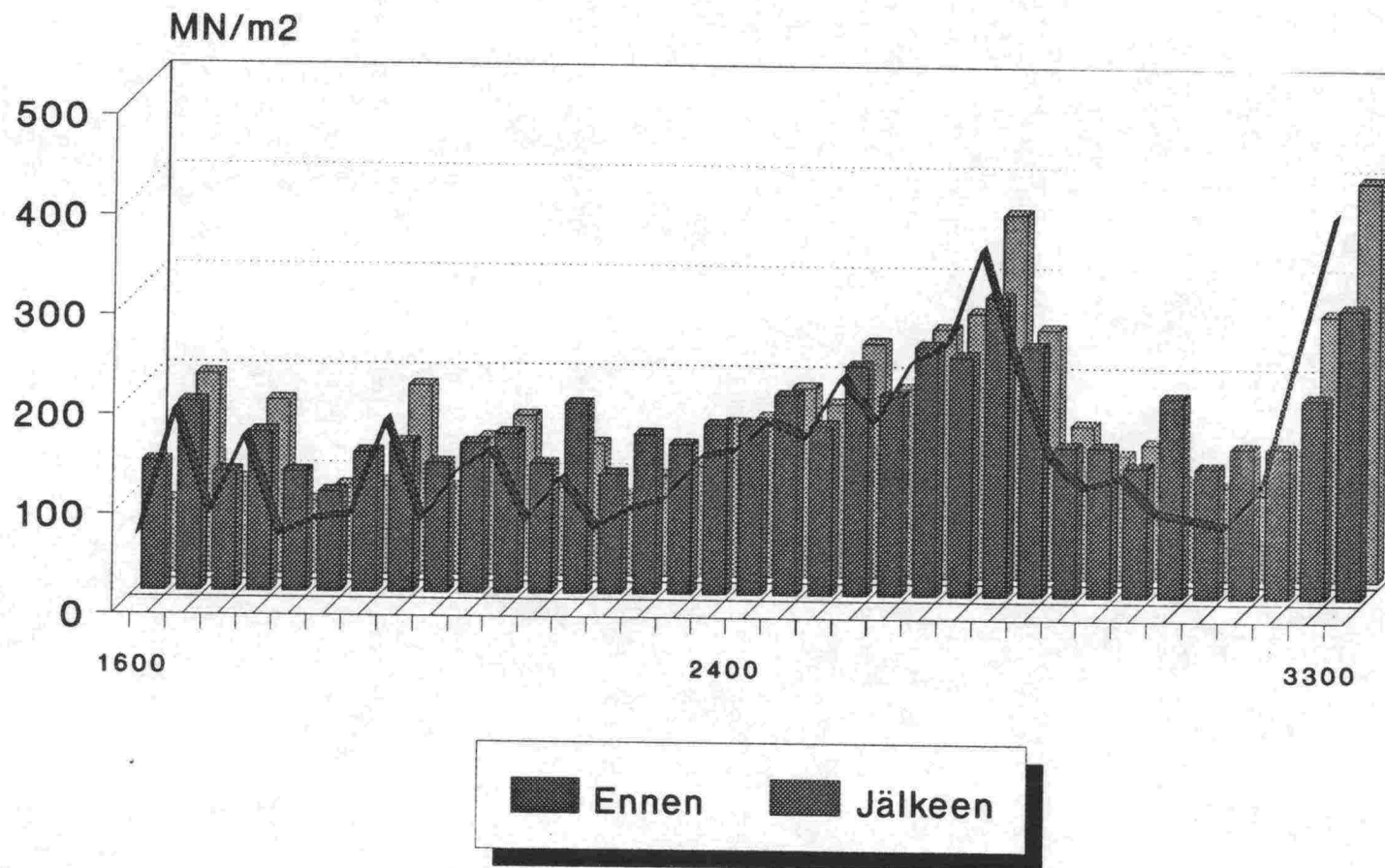
Partala-Ravattila



1988

Kantavuus Ennen/Jälkeen

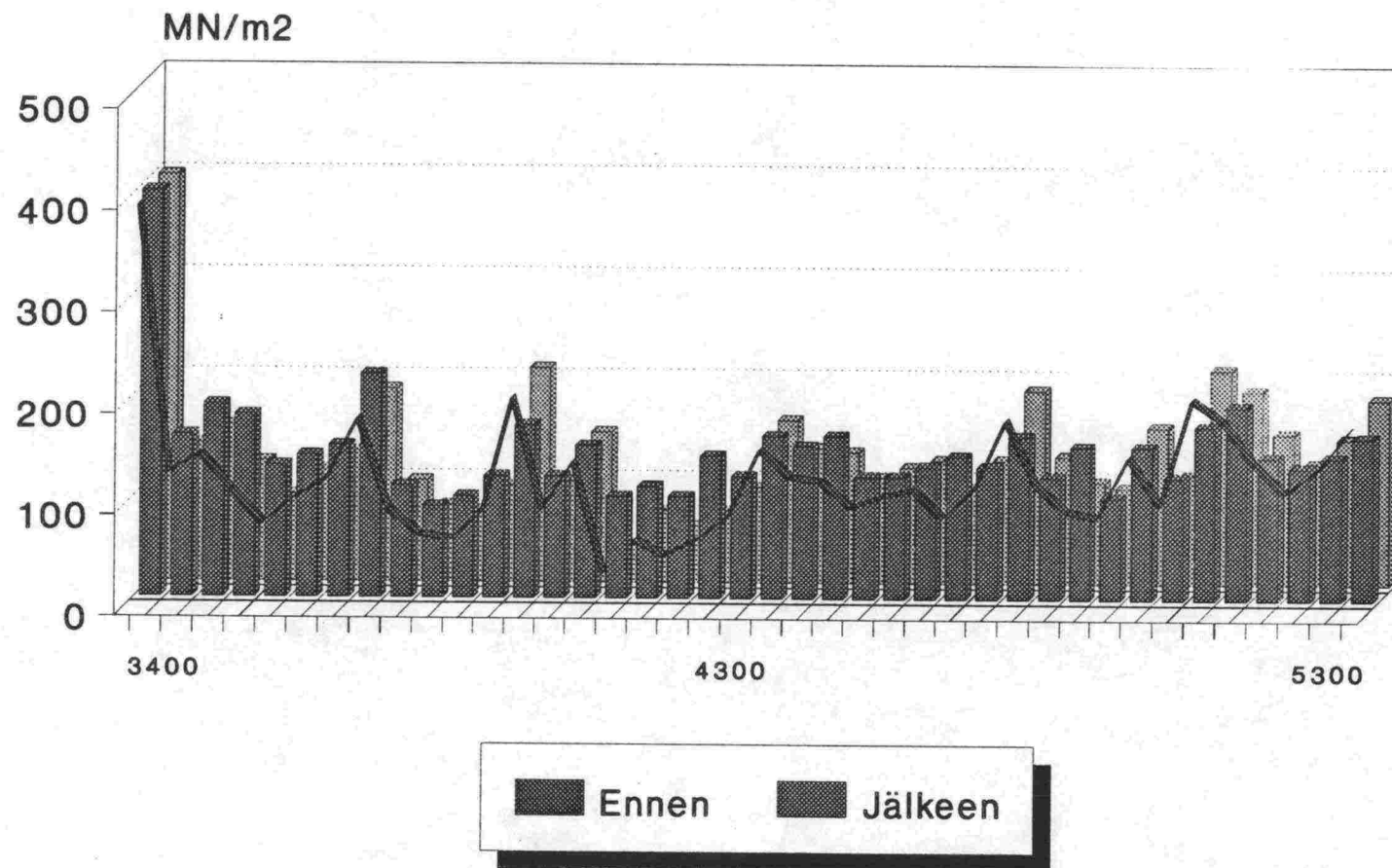
Partala-Ravattila



1988

Kantavuus Ennen/Jälkeen

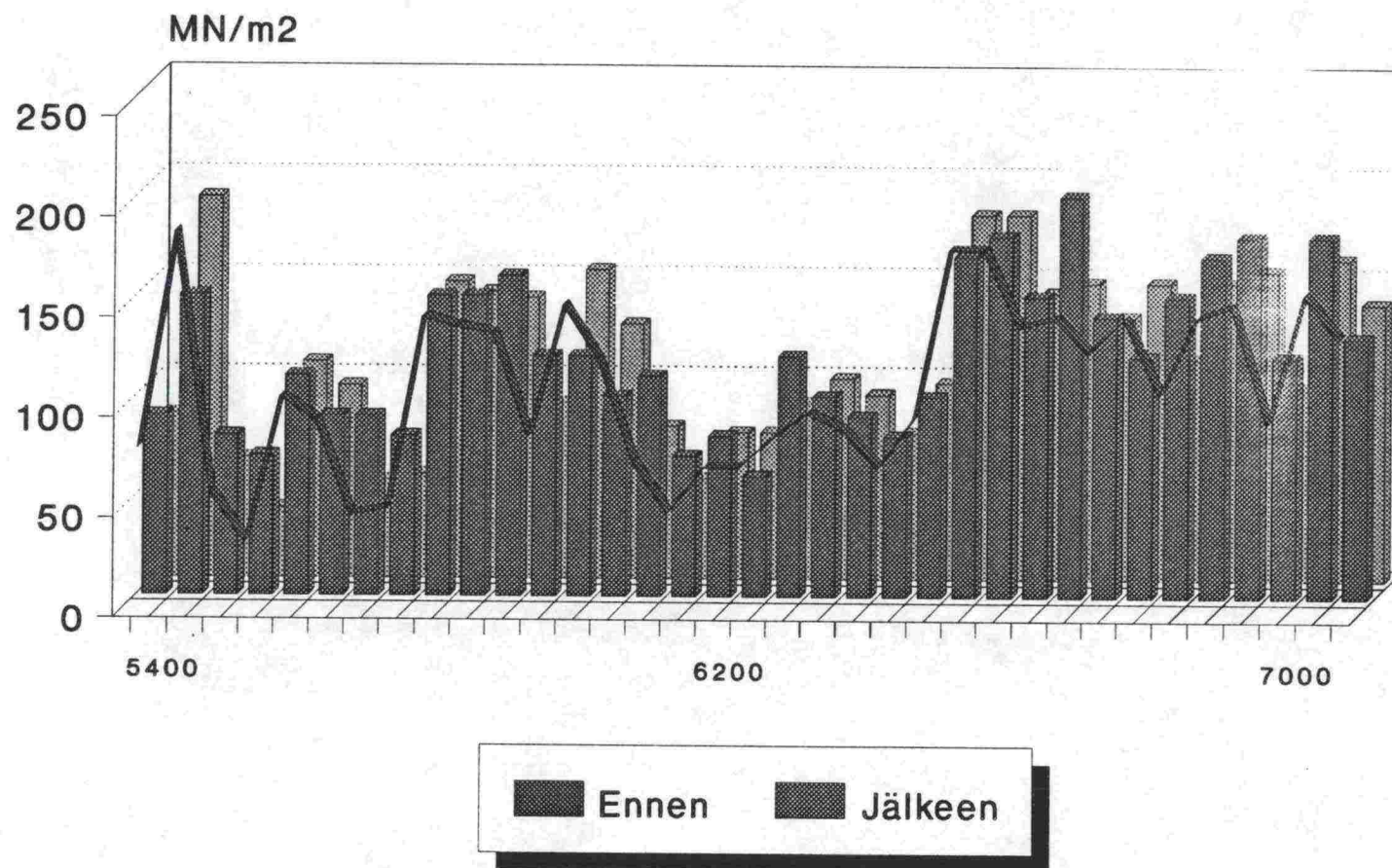
Partala-Ravattila



1988

Kantavuus Ennen/Jälkeen

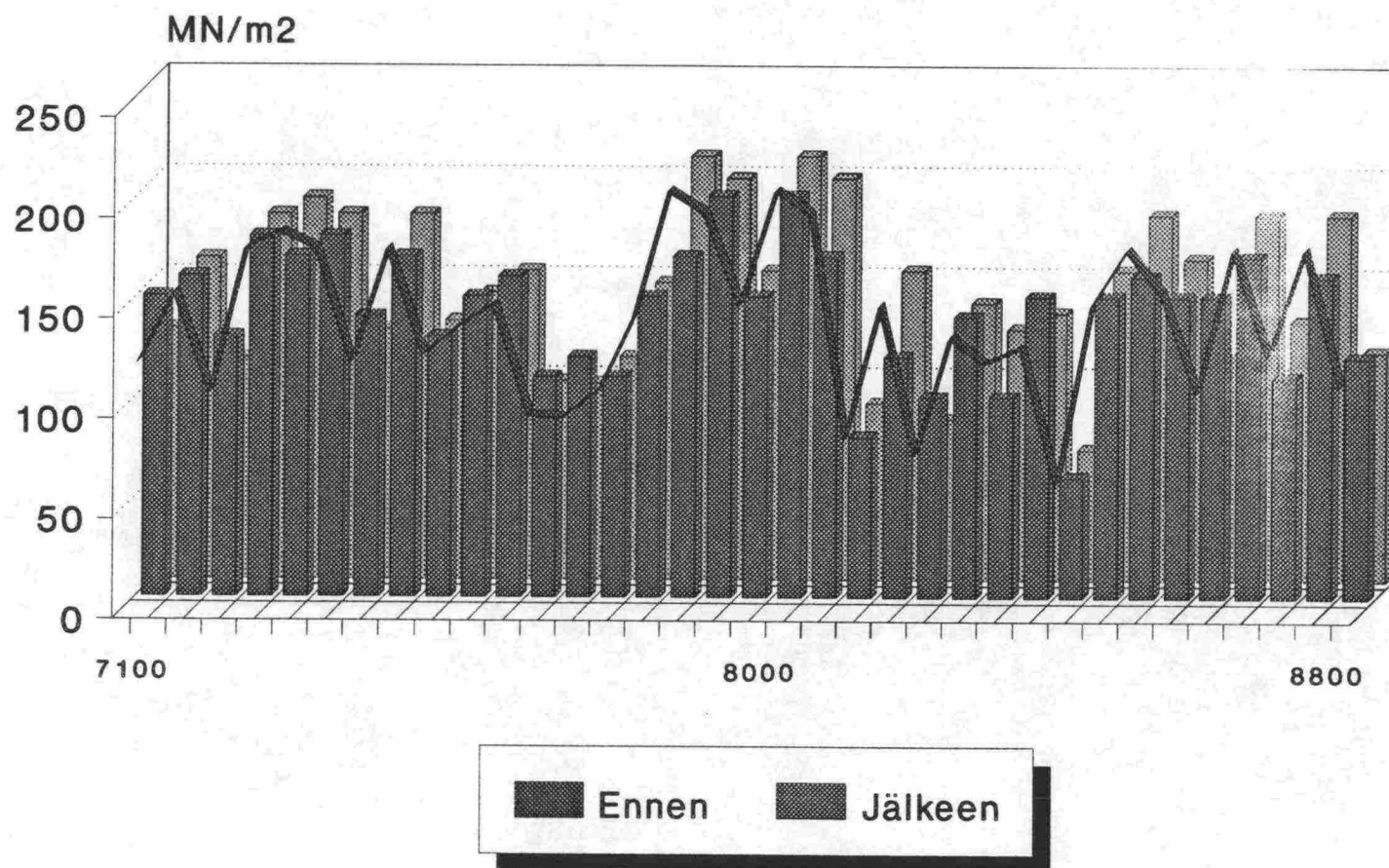
Partala-Ravattila



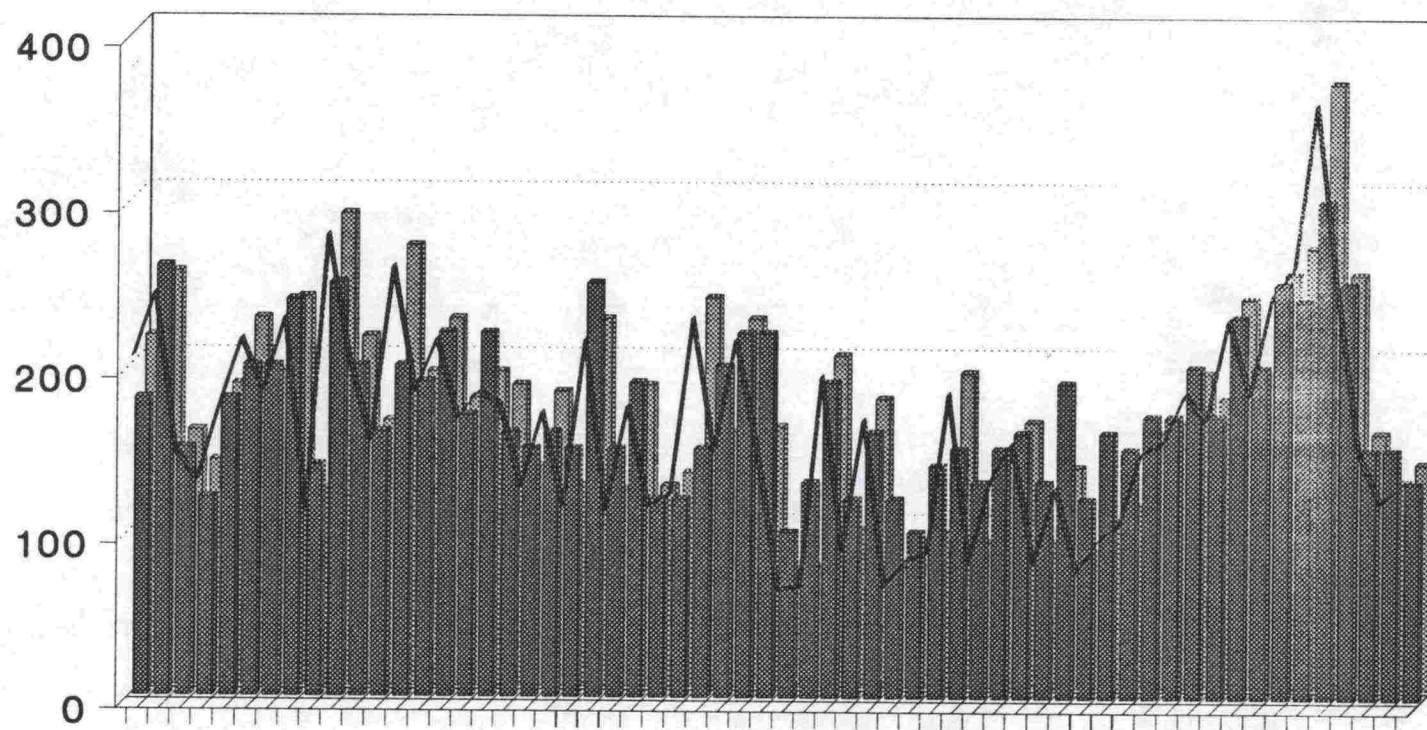
1988

Kantavuus Ennen/Jälkeen

Partala-Ravattila



1988

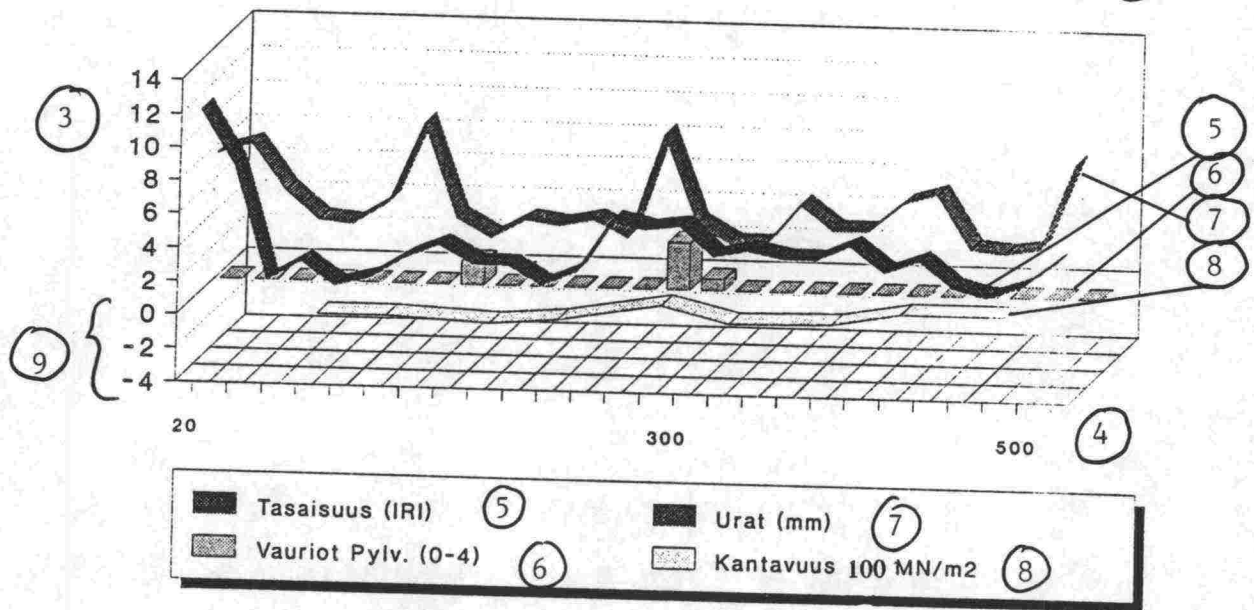


■ ENNEN ■ JÄLKEEN ■ ENNEN

Selitys seuraaviin kuviin:

Esimerkkinä koeosuus 1.

Vauriot, tasaisuus ja urat ⁽¹⁾ Stor Mälö BS 25/150 B-80 3.8% ⁽²⁾

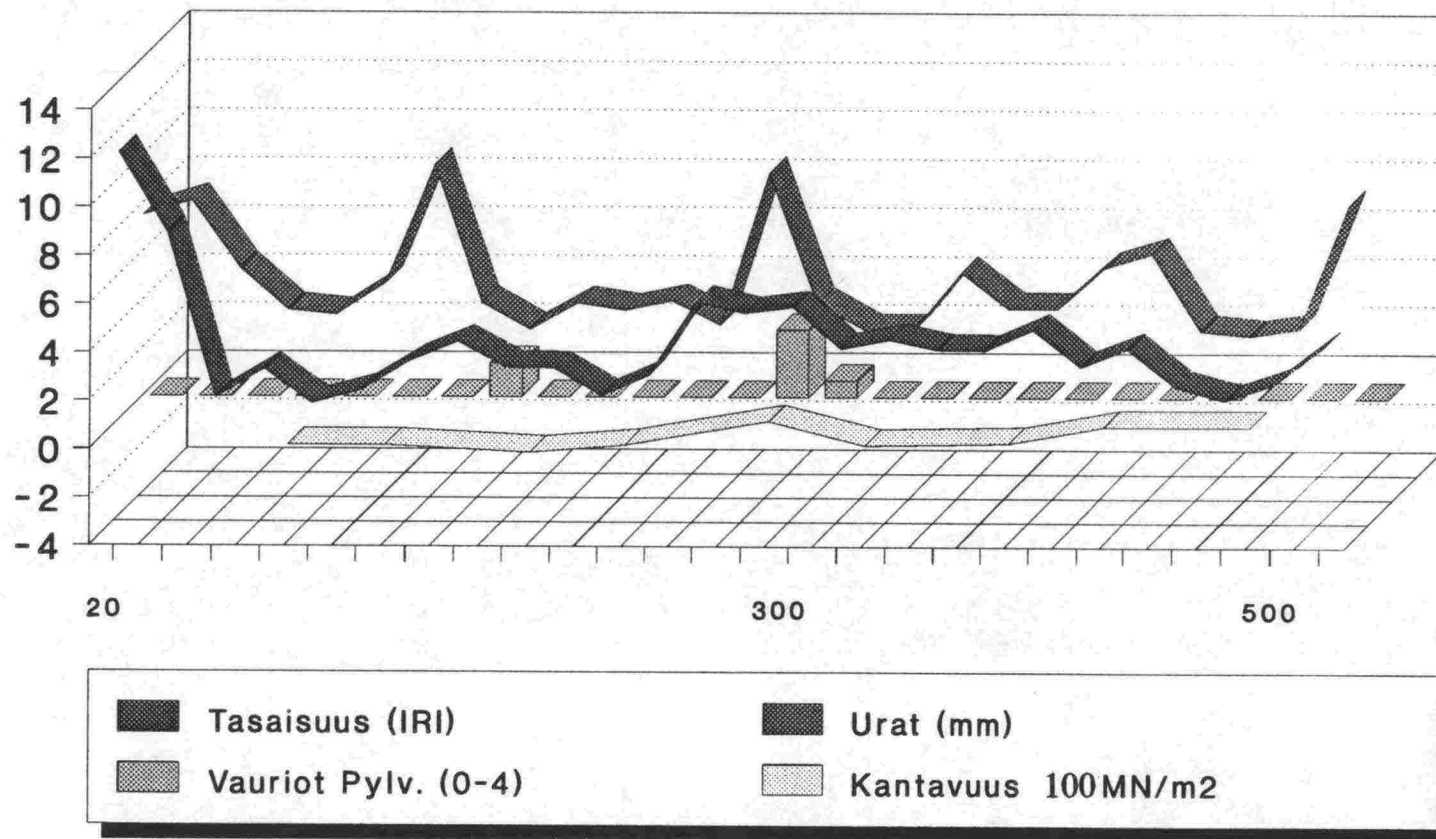


1988 KOEOSUUS 1

1. Mitatut suureet
2. Koeosuus
3. Mitta-asteikko 0 - 14, joka kuvaa urien osalta millimetrejä 0 - 14, tasaisuuden osalta IRI-arvoa 0 - 14 ja vaurioiden osalta indeksia 0 - 4 (jos 20 m:n matkalla on 100 % vaurioita, vaurioindeksi saa arvon 4).
4. Paalulukema ko. koetiellä
5. Tasaisuuden käyrä (ensimmäinen taso)
6. Vaurioiden pylväät (toinen taso)
7. Urien käyrä (kolmas taso)
8. Kantavuuden käyrä (neljäs taso)
9. Kantavuus on esitelty suuntaanäyttävästi eli korkean käyrän kohta osoittaa hyvää kantavuutta ja päinvastoin.

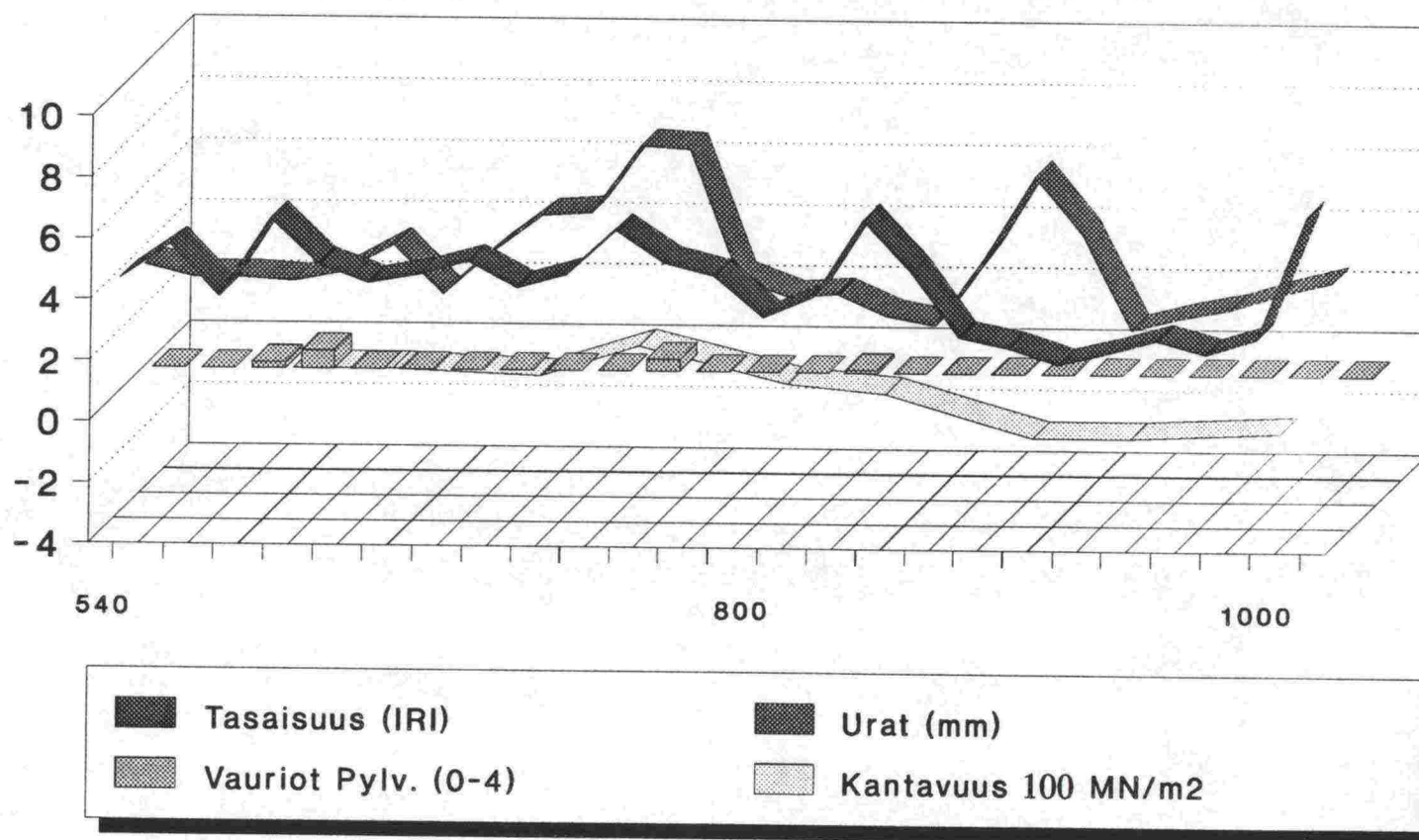
Vauriot, tasaisuus ja urat

Stor Mälö BS 25/150 B-80 3.8%



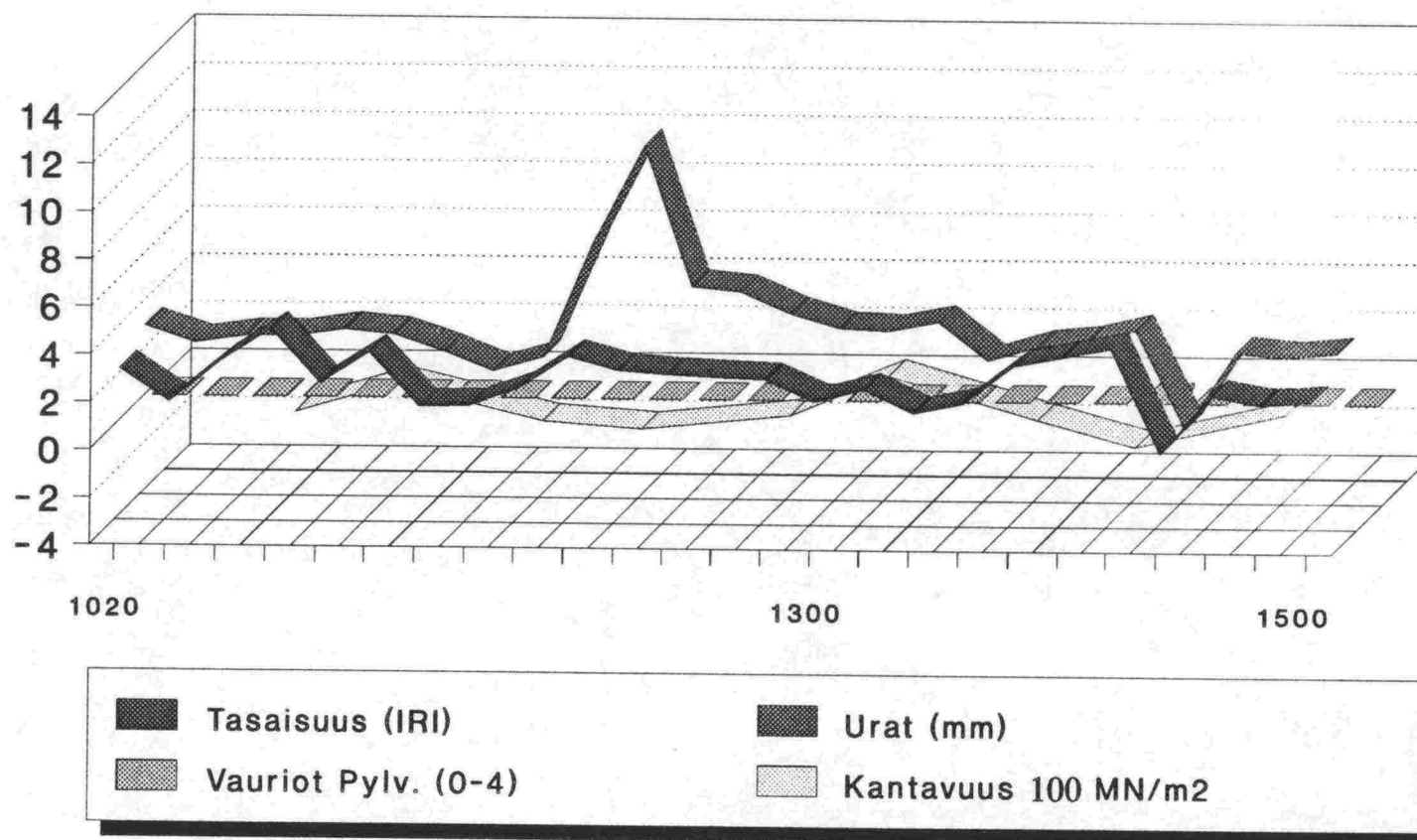
Vauriot, tasaisuus ja urat

Stor Mälö VB-AB 25/250 B-300



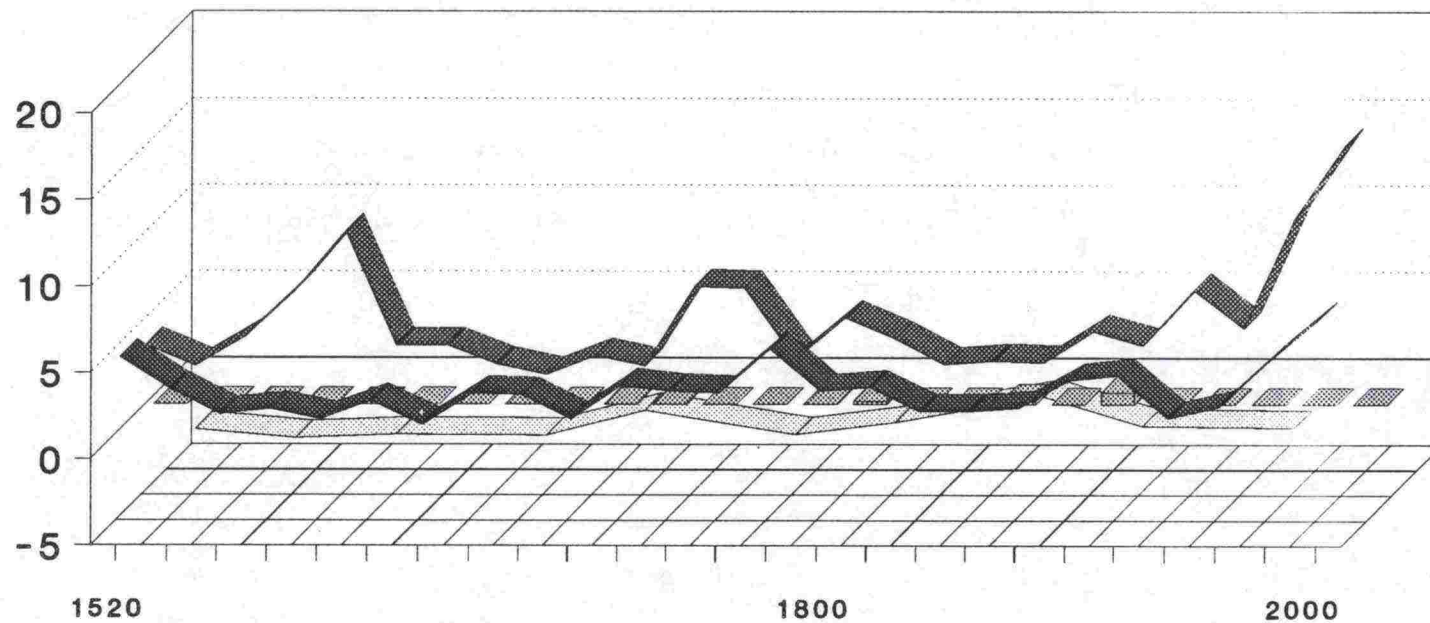
Vauriot, tasaisuus ja urat

Stor Mälö VB-AB 25/250 B-300



Vauriot, tasaisuus ja urat

Stor Mälö VB-AB/250 RC 100 B-80

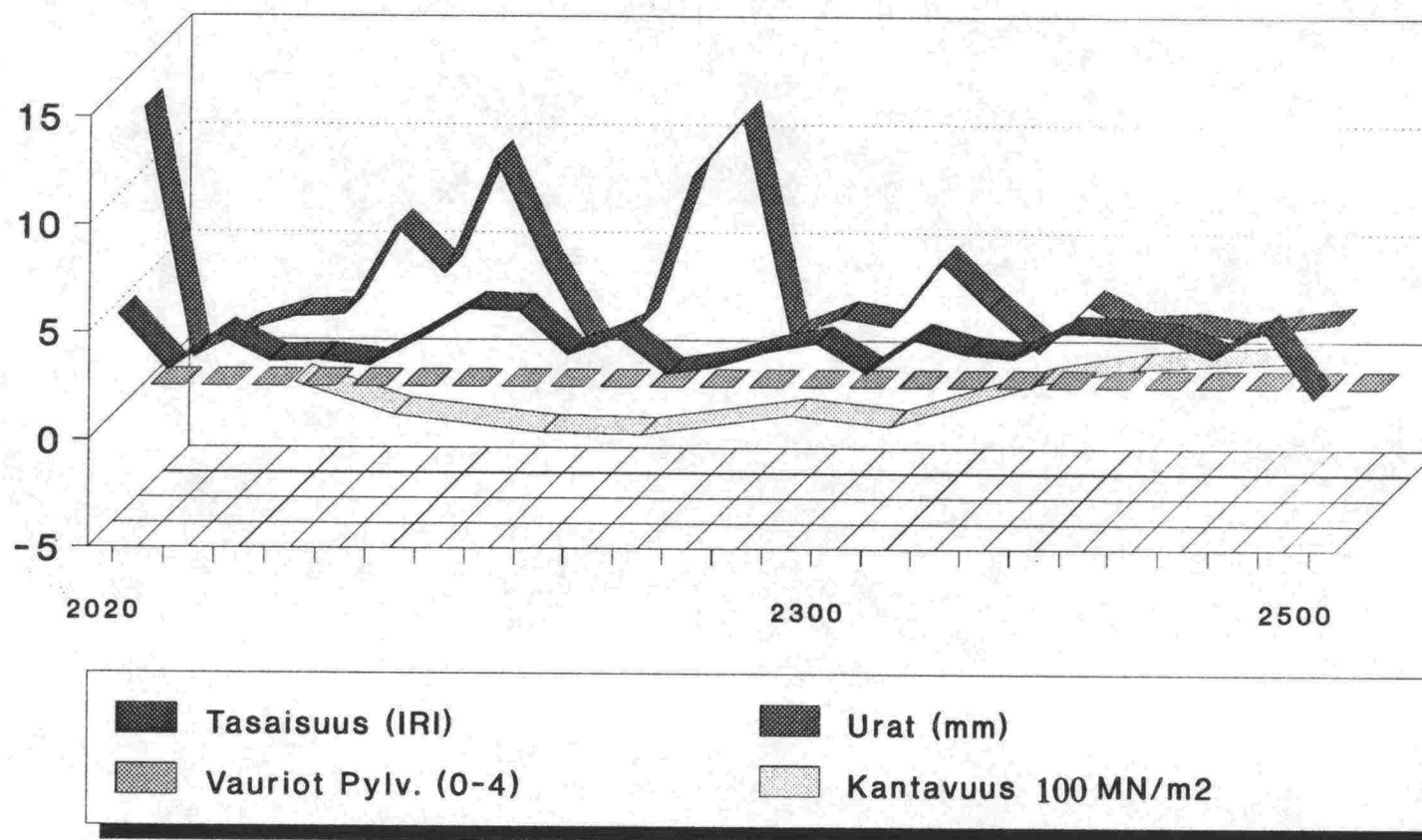


Tasaisuus (IRI)
Vauriot Pylv. (0-4)

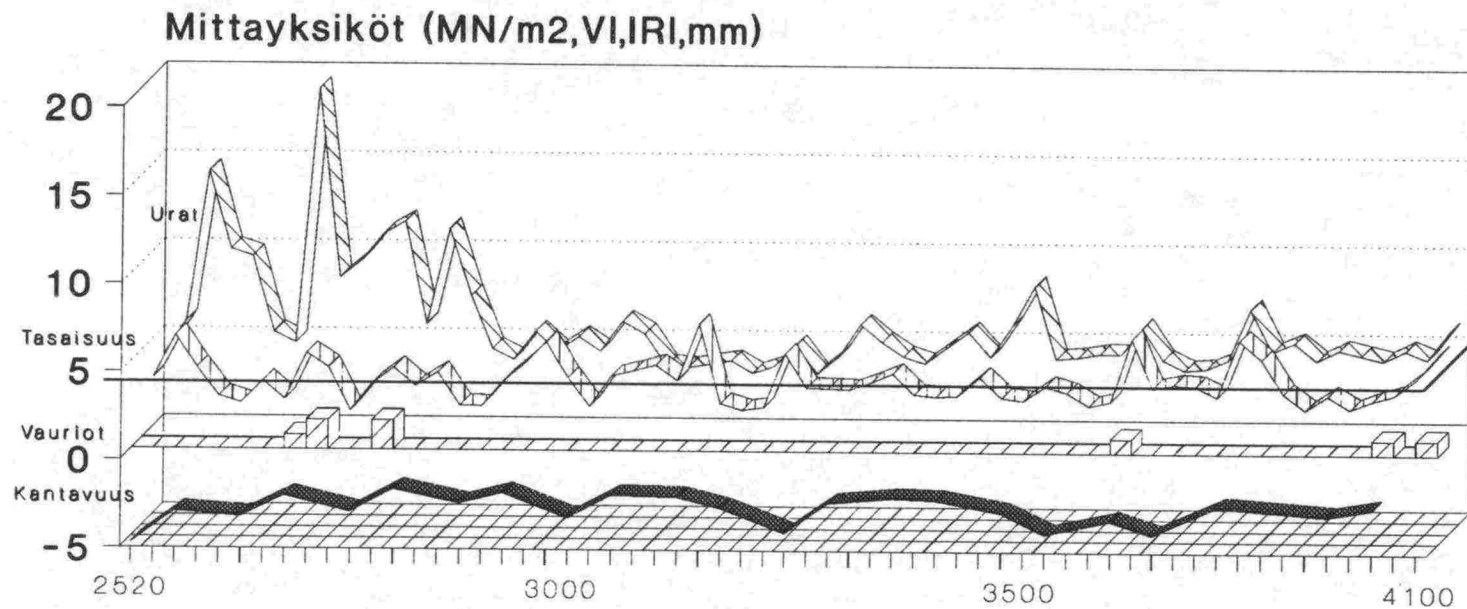
Urat (mm)
Kantavuus 100 MN/m2

Vauriot, tasaisuus ja urat

Stor Mälö VB-AB/250/RC 199 B-300



Vauriot, tasaisuus ja urat StorMälö 1988, VBST 25/250+SIP



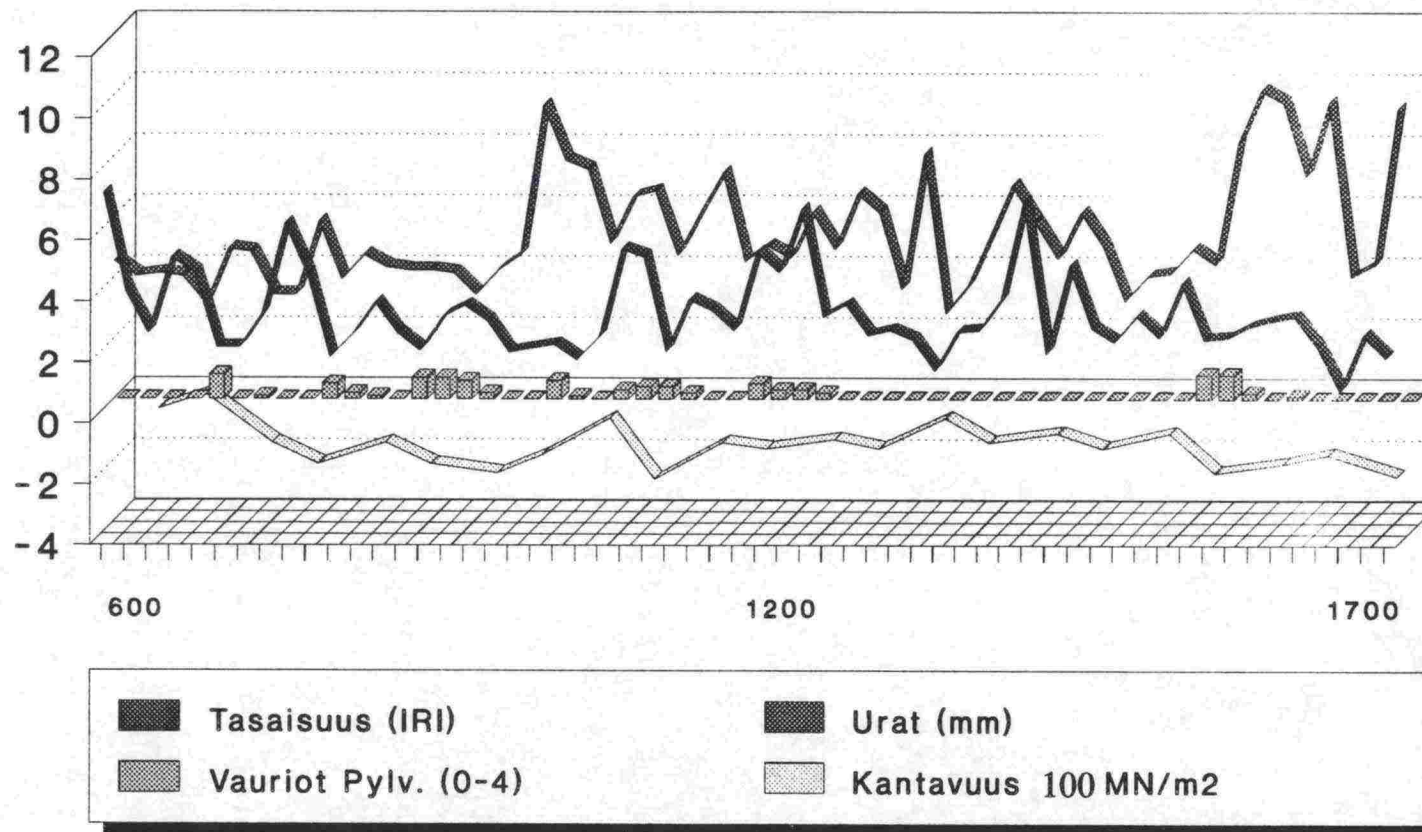
Paalutus



Koeosuus 6, B-80, 3.1%

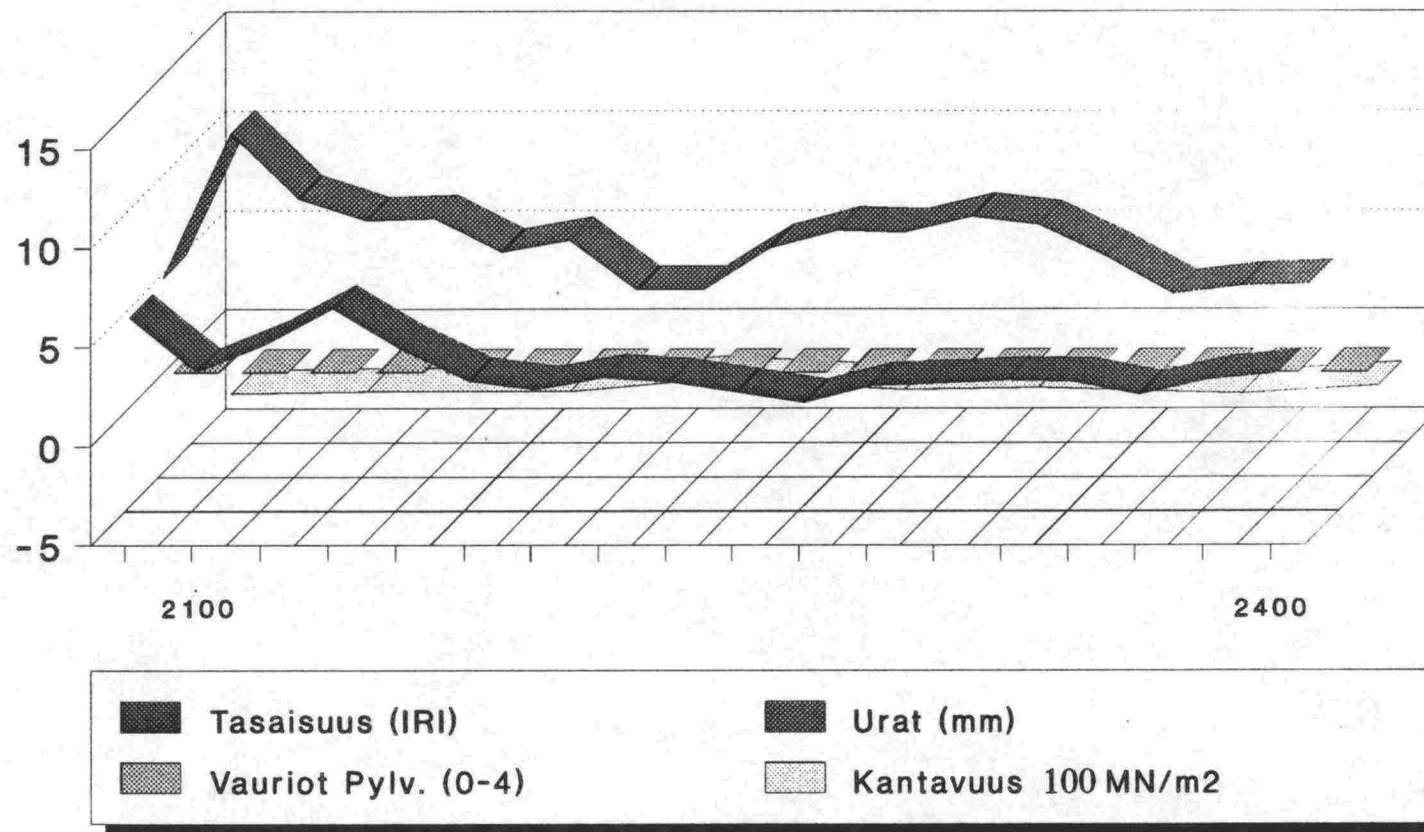
Vauriot, tasaisuus ja urat

VAAHTO VB-AB 25/250+SIP B-80



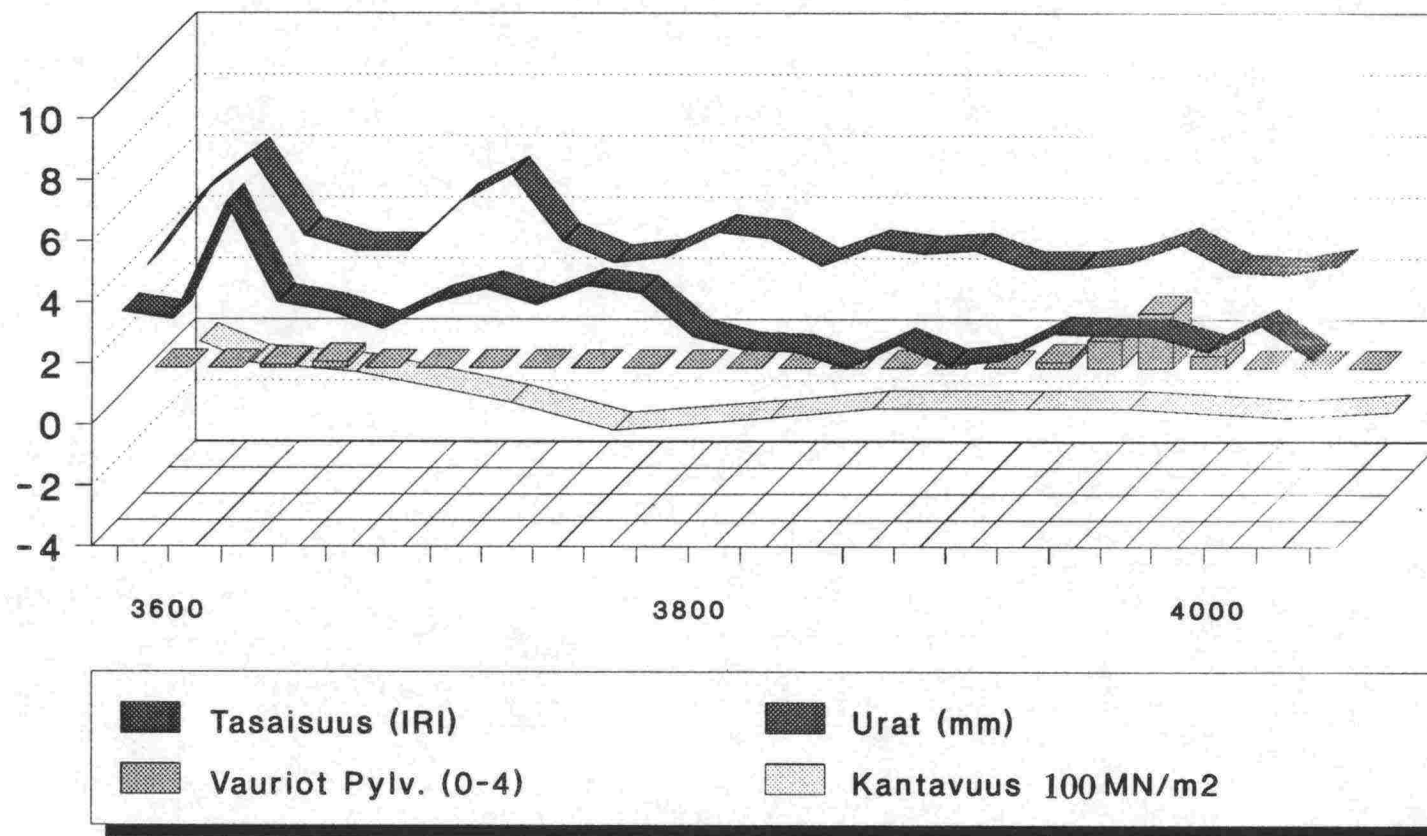
Vauriot, tasaisuus ja urat

VAAHTO VB-AB 25/250+SIP B-80

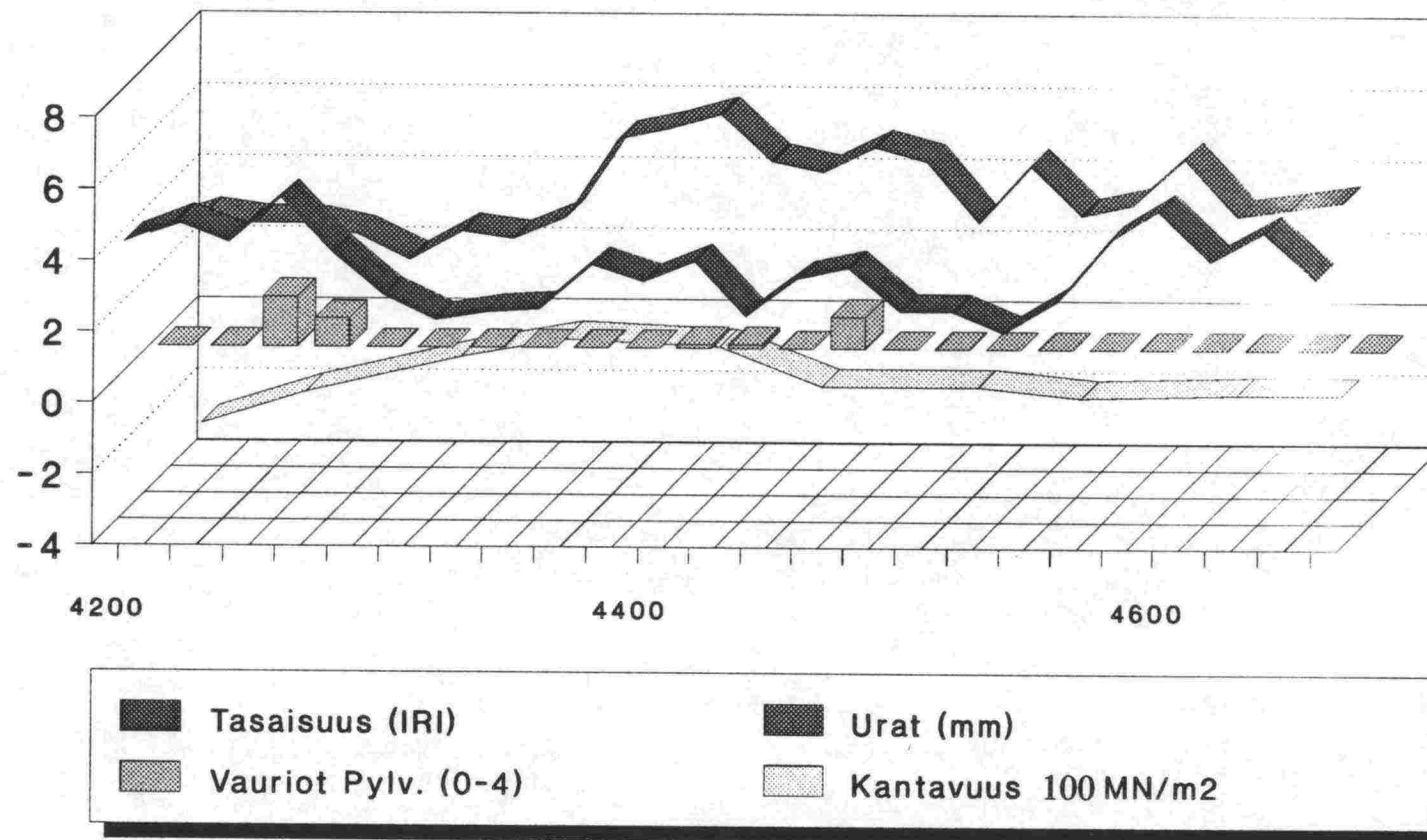


Vauriot, tasaisuus ja urat

VAAHTO EAB 25/250+SIP BIEKI/200

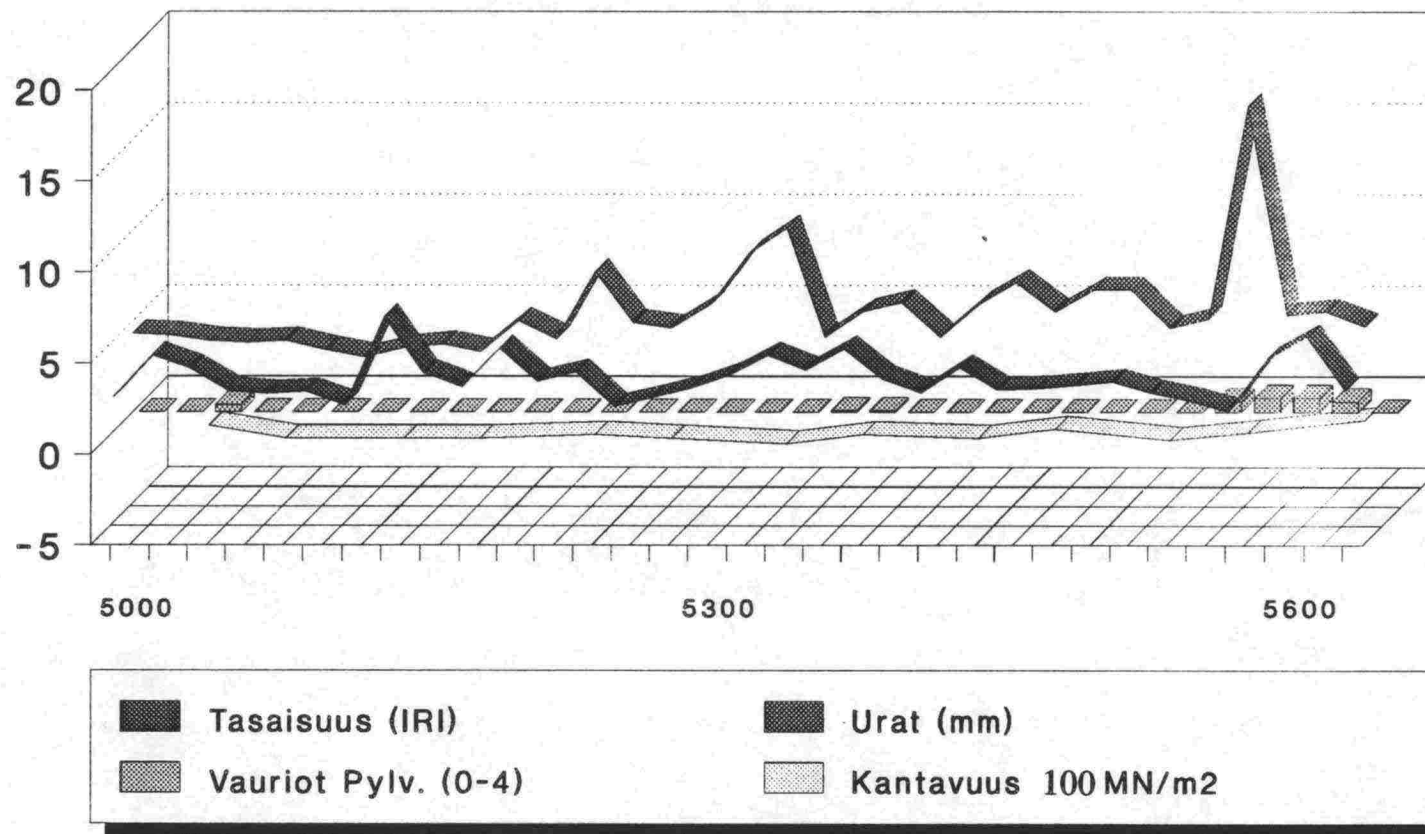


Vauriot, tasaisuus ja urat VAAHTO EAB 25/250+SIP BIEKI/80



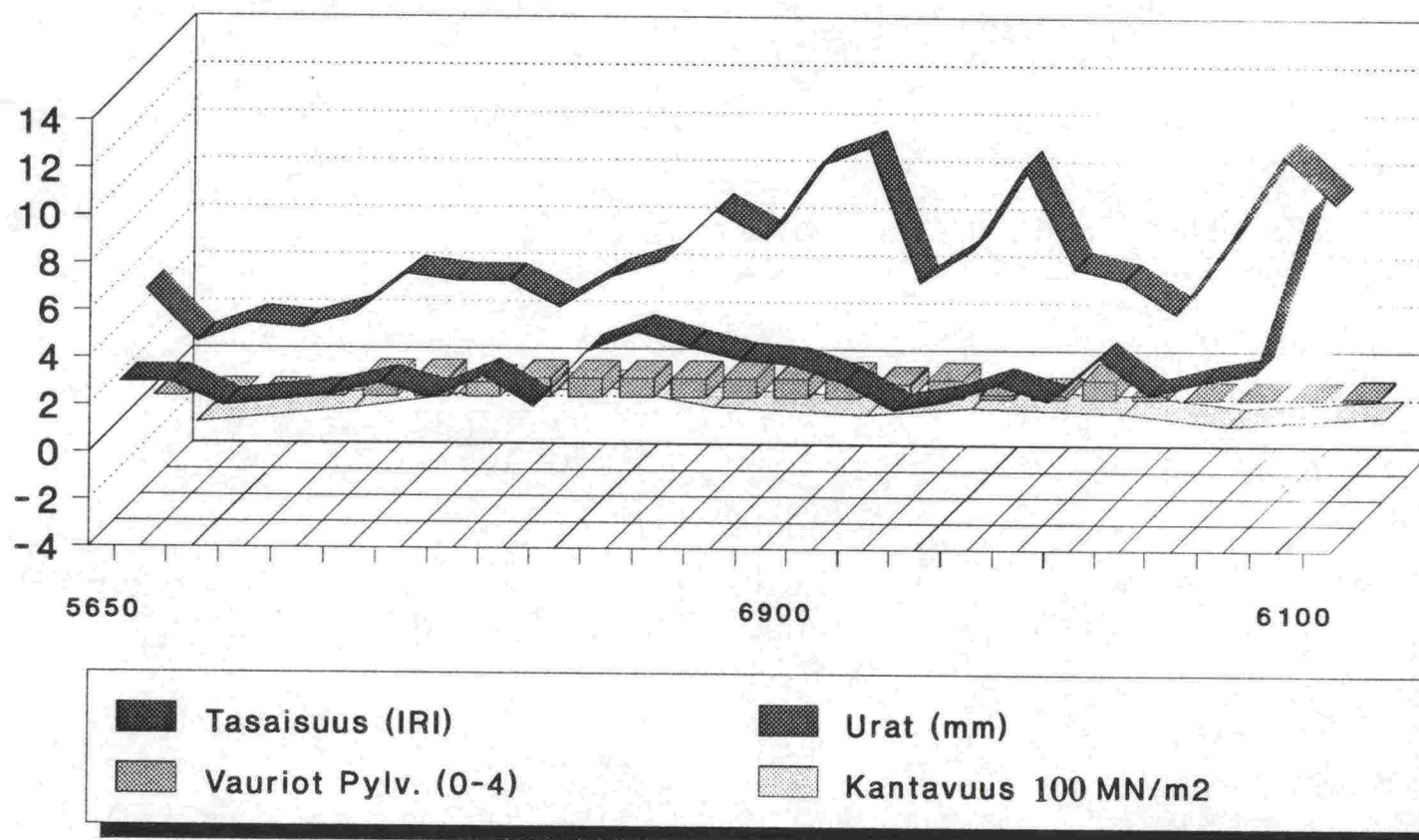
Vauriot, tasaisuus ja urat

VAAHTO EAB 25/250+SIP BIEKI/80



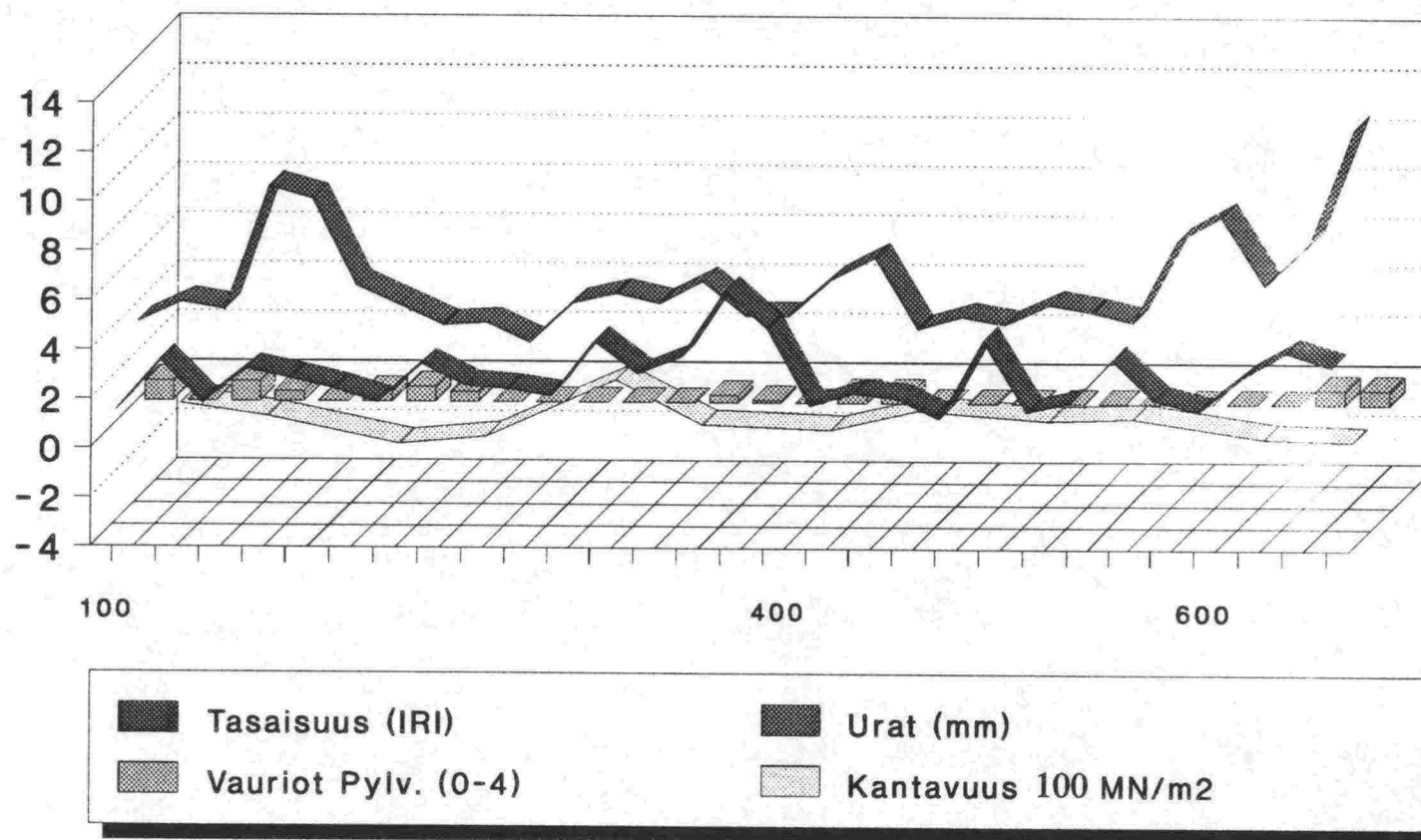
Vauriot, tasaisuus ja urat

VAAHTO EAB 25/250+SIP BIEKI/200



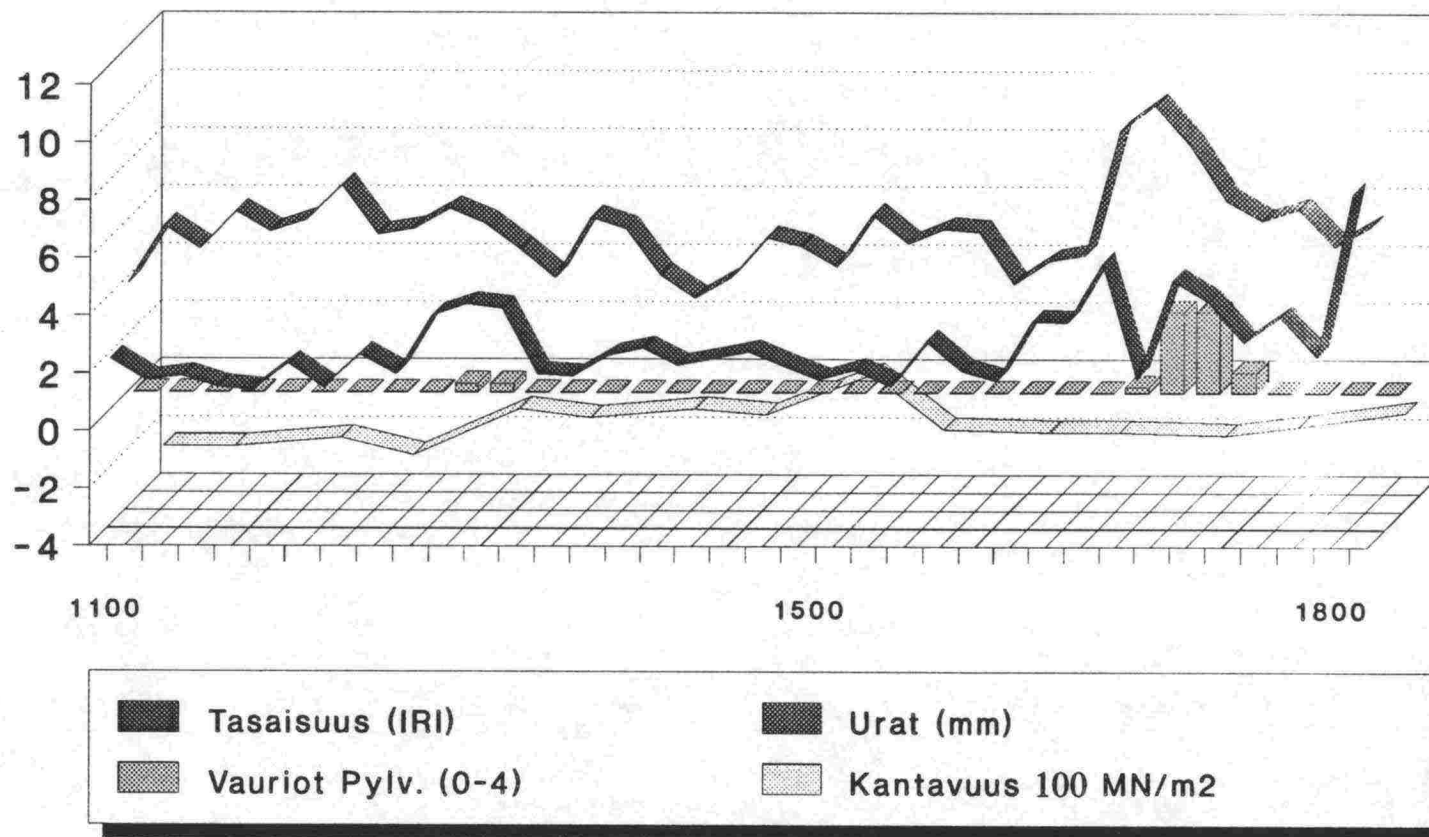
Vauriot, tasaisuus ja urat

VAAHTO BS 25/150 B-80 3.8%



Vauriot, tasaisuus ja urat

VAAHTO SITOMATON 250kg/m²+SOP



W.D.O. Paterson

- 27 -

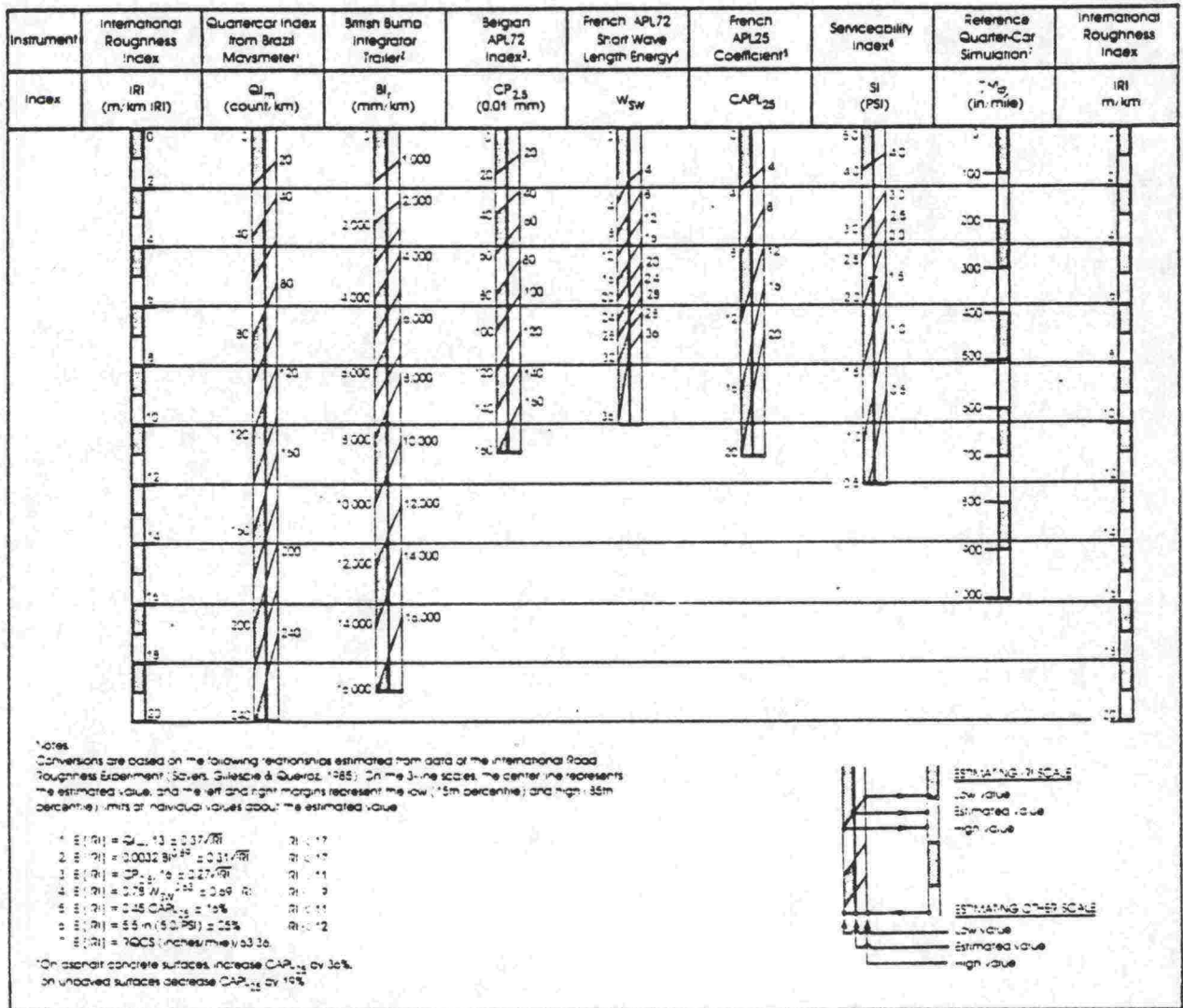


Figure 4: Chart for approximate conversions between major roughness scales and the International Roughness Index (IRI)

**K/02/87/88****STORMÄLÖN KOETIE****VAAHTOBITUMISTABILOINTIOSUUKSIEN LUJUUDET**

Lokakuussa 1988 otettiin Stormälön 1985 tehdyn koetien koeosuuksista poranäytteet, joita lähetettiin Lemminkäisen Keskuslaboratorioon tutkittavaksi. Koeosuuksista 4 ja 5 (jyrsinrouheesta tehtyt stabiloinnit) ei saatu ehjiä porakappaleita ja koeosuudelta 1 (BS 25/150) ei otettu näytteitä. Näin ollen poranäytteitä tuli vain osuuksilta:

Koeosuus 2	VBST 25/250	B-300	4,4%	paalu 500-1000
Koeosuus 3	VBST 25/250	B-300	3,2%	" 1000-1500
Koeosuus 6	VBST 25/250	B-80	4,05%	" 2515-4130

Poranäytteistä määritettiin:

- paksuus
- massamäärä
- tiheys
- halkaisuvetolujuus (ja jäykkyys)
- sideainepitoisuus ja rakeisuuskäyrä

Tulokset:**Paksuus, massamäärä ja tiheys**

Mittaustulokset on esitetty taulukossa 1. Poranäytteiden mukaan osuuskien 2 ja 3 massamäärät ovat olleet hyvin lähellä ohjearvoa 250 kg/m². Poranäytteet olivat silmämääräisesti mustia ja runsasmas-tiksisiä eli asfaltin näköisiä.

Osuudelta 6 ei saatu täyspaksuisia poranäytteitä. Tältä osuudelta poratut näytteet olivat pohjasta epämää-räisiä - ilmeisesti massa ei ole sitoutunut pohjaan saakka.

Selvästi suurin irtotiheys on saatu osuudesta 2, jossa käytettiin suurta määrää pehmeätä sideainetta. Kovasta bitumista (B-80) tehty vaahtobitumistabiloinnin irtotiheys on alhaisin.



Halkaisuvetolujuuksien määristystä varten porakappaleiden pintaosasta sahattiin n. 70 mm:n paksuiset kappaleet. Sahatuista näytteistä voitiin todeta, että vaahtobitumi-stabilointi on pinnasta tiivistynyt paremmin kuin pohjasta.

Sideainepitoisuus ja rakeisuuskäyrä

Sahatuista näytekappaleista (pintakerros) määritettiin sideainepitoisuus ja rakeisuuskäyrä (tulokset taulukossa 2). Näytetulosten perusteella sideainepitoisuus on työaikaista kulutusta suurempi. Tämä saattaa johtua sideaineen lajittumisesta päällysteen paksuussuunnassa. Rakeisuuskäyrät ovat eri osuuksissa hyvin samankaltaisia.

Halkaisuvetolujuudet

Halkaisuvetolujuus (+10 C) määritettiin poranäytteiden pintakerroksesta. Norjalaisten lähteiden mukaan massan halkaisuvetolujuus on suoraan verrannollinen päällystekerroksen E-moduliin (kantavuuteen). Tulokset on esitetty taulukossa 3 ja 4. Tulosten perusteella näyttää siltä, että halkaisuvetolujuus on suurempi kun sideainemäärä on korkeampi.

Huomioitavaa

Stormälön ja Vahdon koeteiltä porattiin v. 1986 vuoden vanhoista emulsio- ja vaahtobitumistabiloinneista näytteet. Tuolloin saatiin ehjiä porakappaleita vain osalta emulsiosuuksia. Emulsiostabilointien halkaisuvetolujuudet olivat n. vuoden vanhoina 0,5 MN/m². Vahdon koetieltä oli tarkoitus ottaa näytteitä syksyllä 1988, mutta lumi yllätti. Näytteet porataan keväällä 1989.

Johtopäätökset

Vaahtobitumistabilointimassat ovat kolmen vuoden aikana "kovettuneet" asfaltinkaltaiseksi massaksi. Näyttää siltä, että pehmeällä bitumilla (B-300) ja korkealla sideainepitoisuudella (> 4%) saadaan vaahtobitumistabilointimassoille parempi tiheys ja lujuus.



PORANÄYTE					PORANÄYTTEEN YLIN KERROS				
	Näyt nro	Kaist	Paks. (mm)	Paino (g)	Massam. (kg/m ²)	Tih. (g/cm ³)	Paks. (mm)	Paino (g)	Tih. (g/cm ³)
VBST 25/250	1	1	132	2404	306	2.318	66	1243	2.397
B-300 (4,4%)	2	1	92	1722	219	2.383	71	1330	2.384
(Koeosuus 2)	3	2	104	1952	249	2.390	70	1340	2.437
	4	0	97	1840	234	2.415	70	1349	2.454
	5	0	118	2255	287	2.434	71	1382	2.478
ka.					259	2.388			2.430
VBST 25/250	6	1	110	1838	234	2.128	68	1190	2.228
B-300 (3,2%)	7	1	100	1759	224	2.240	70	1269	2.309
(Koeosuus 3)	8	0	108	1906	243	2.246	73	1298	2.263
	9	0	108	1891	241	2.230	69	1268	2.340
ka.					236	2.211			2.285
VBST 25/250	10	1	90	1381	176	1.954	70	1142	2.076
B-80 (4,05%)	11	1	74	1263	161	2.174	73	1263	2.202
(Koeosuus 6)	12	2	68	1161	148	2.174	68	1161	2.174
	13	0	99	1670	213	2.148	70	1246	2.267
	14	0	105	1716	218	2.081	68	1177	2.203
ka.					183	2.106			2.184

Tilastointiperusteet:

Piiri: 407-TURKU-Y
Asfalttilaatu: P-VEAB25/23C
Päivämäärä:
Kohde:
Paikkakunta:
Rakennuttaja:

Näyte numero	Bitumi pit%	.07 mm	.12 mm	.25 mm	0.5 mm	1. mm	2. mm	4. mm	6. mm	8. mm	12. mm	16. mm	20. mm	25. mm	32. mm	64. mm
1399/O	4.8+}	7	9	14	18	22	29	39	49	58	61	69	98	100	100	100
1400/O	4.7+}	6	10	15	20	25	32	40	54	63	67	94	99	100	100	100
1401/O	4.0+}	7	9	14	18	22	29	37	46	55	76	89	98	100	100	100
1402/O	4.1+}	7	9	13	17	21	26	34	42	52	70	82	94	100	100	100
1403/O	4.0+}	6	8	12	16	20	26	34	40	53	73	84	96	100	100	100
1404/O	4.6+}	7	9	13	17	21	27	36	46	56	78	88	99	100	100	100
Näytteen den lkm	6															
K. arvo:	4.4+	6.8	9.0	13.4	17.4	22.0	28.3	37.2	46.5	56.4	78.0	88	97	100	100	100
K. raj.	0.4	0.5	0.6	1.0	1.3	1.7	2.5	3.5	4.2	4.6	5.3	4.3	1.9			

Alitus %
Alit xpl
Keskim.

Ylitys % 100
Ylit xpl 6
Keskim. 4.4
K. alar. 0.0
Y. ylar. 0.0
Ka. alar. 0.0
Ka. ylar. 0.0

Tilastomatemattinen poikkeama:
Ylitys
Alitus

Tutkija :

Hyväksynyt:

Osoite
01560 Maantiekylä

Puhelin
90 - 820 011

Sähke
LEMMINKAINEN

Telex
121715 lieto sf

STORMALÖN KOETIE

VAAHTOBITUMISTABILOINTI

HALKAISUVETOLUJUUSMAARITYKSEN MITTAUSTULOKSET

Näytteet porattu 3 vuotta vanhasta päällysteestä

Päällyste	No	Paks mm	Fmax kN	Flow mm	Flow mm	Luj MN/m ²	Luj MN/m ²	Jäyk MN/m ²	Jäyk MN/m ²
VBST 25/250 B300 4.4%	1	66	8.12	2.50		0.77		49.2	
	2	71	8.67	2.60		0.77		47.0	
	3	70	8.79	2.40		0.79		52.3	
	4	70	7.76	2.50		0.69		44.3	
	5	71	9.64	2.25	2.45	0.85	0.77	60.3	50.64
VBST 25/250 B300 3.2%	6	68	4.62	2.30		0.43		29.5	
	7	70	5.89	2.60		0.53		32.4	
	8	73	6.55	2.65		0.56		33.9	
	9	69	7.2	2.60	2.54	0.65	0.54	40.1	33.97
VBST 25/250 B80 4.05%	10	70	5.82	1.60		0.52		52.0	
	11	73	9.2	2.00		0.79		63.0	
	12	68	10.07	2.60		0.93		57.0	
	13	70	8.37	2.05		0.75		58.3	
	14	68	7.35	2.25	2.10	0.68	0.73	48.0	55.66

Chart1

